Science Council of Canada
Conseil des sciences du Canada

A statement by the Science Council of Canada

Harnessing Science and Technology for Canada

A statement by the Science Council of Canada

Harnessing Science and Technology for Cold Regions

December 1989

90-02313/

The Science Council of Canada is Canada's national advisory agency on science and technology policy issues. It was created in 1966 to:

- analyse science and technology policy issues;
- recommend policy directions to government;
- alert Canadians to the importance of science and technology in their lives;
- stimulate action on science and technology policy issues among governments, the private sector, and academic institutions.

Science Council of Canada
100 Metcalfe Street
Ottawa, Canada K1P 5M1

Catalogue No. SS31-16/1989
ISBN No. 0-662-57032-4
©Ministry of Supply and Services, 1989

Cover photo:
M. Beedell/Environment Canada – Canadian Parks Service

December 1989

The Honourable William C. Winegard, PC, MP
Minister of State (Science and Technology)
House of Commons
Ottawa, Ontario

Dear Dr Winegard:

In accordance with Section 13 of the Science Council of Canada Act, I am forwarding to you a Council statement entitled *Harnessing Science and Technology for Cold Regions.*

The views and recommendations contained in the statement have been unanimously agreed to by all members of Council.

Yours sincerely,

Geraldine A. Kenney-Wallace
Chairman
Science Council of Canada

Contents

Foreword 7

A Window of Opportunity 9
Economic and social potential 11
Environmental imperative 14
Strategic significance 14

Constraints 15
Small, unstable domestic market 15
Difficulties in maintaining knowledge database and qualified personnel 15
Scarcity of research infrastructure and facilities 17
Absence of national leadership and goals 17
Problems in securing foreign markets 19

Seeking Solutions 21
Recommendations 21
Collecting, preserving, and disseminating information 21
Government investment in R&D 22
Ensuring product quality 23
Strengthening research and training in technology 23

Notes 24
Notes for Boxes 25

Members of the Polar Science and Technology Committee 27
Members of the Science Council of Canada 28

Foreword

The northward expansion of Canada's economic frontier has been furthered at every step by advances in science and technology. In the process, Canadian business has developed a range of unique capabilities associated with cold weather conditions and an enviable international reputation for its capacity to support development in cold regions.

Today, burgeoning markets and increasing international interest in cooperation in science and technology offer Canadian firms an opportunity to become the focus of a new cold-climate technology industry serving domestic consumers, contributing to the resolution of global environmental concerns, and satisfying Canada's own territorial and strategic needs. Conscious of the need to move quickly to seize this opportunity, the Science Council of Canada established a Polar Science and Technology Committee in December 1988 to determine Canada's strengths and needs in cold-climate technologies and to recommend ways to foster the growth of this emerging industrial sector.

The Committee's broad consultation process involved interviews, written submissions, and a national workshop in Edmonton in July 1989. The Committee focused on those policies necessary to harness polar science and technology in Canada to meet pressing global needs. A specific focus and narrow time horizon were maintained because longer-term issues associated with the role of science and technology in community-based development in the Canadian north are the subject of a concurrent Science Council project.

Canadians are members of the circumpolar community. Seventy-five per cent of Canada lies within the Arctic or sub-Arctic; Canada's northern border forms the longest cold-ocean shoreline in the world. This report is about the need to accept the challenge of our geography and to recognize the special opportunity and responsibility that geography offers. It argues that Canadians can use their science and technology, developed to meet domestic needs, to serve global interests. Specific recommendations are offered to help achieve this objective. But their implementation is only a first step. Success is conditional on the willingness to build on our strengths and to earn an international leadership role.

Gerald S.H. Lock
Chairman
Polar Science and Technology Committee

A window of opportunity

Necessity is the mother of invention, and the inventiveness that leads to international competitive success more often stems from hardship than from abundance.[1] Adopting this precept, the members of the Science Council of Canada's Polar Science and Technology Committee believe that cold-climate technologies provide a valuable opportunity for Canadian industry in global markets. At the same time, polar science and technology can help satisfy environmental needs, realize economic and social aspirations, and assert Canadian sovereignty.

Technology has played a vital role in northern development, as evidenced by the most obvious innovations of the last half-century — aircraft, motorboats, radar, prefabricated houses, insulated piping, computers, high-voltage lines, cellular concrete, insulated windows, helicopters, communications satellites, airphotography, and snowmobiles. Each innovation improved efficiency, lowered production costs, enhanced the value of northern resources, and so increased the incentive to develop these resources.[2]

The first major extension of southern technologies into the Arctic began during the Second World War. The strategic needs of a country at war resulted in a legacy of roads, airfields, buildings, and communications systems. After the war, the boom in global demand for raw materials fostered the advance of the northern industrial frontier. Whether the need was minerals, oil and gas, hydroelectricity, strategic defence, or the provision of public services to meet social needs, technological advances conditioned the nature, direction, and speed of development.

Since the 1960s, a series of megaprojects in the oil and gas industry has provided the engine for change. High oil prices have spurred enormous investment in exploration and development and resulted in technological innovations in areas ranging from synthetic aperture radar to robotics. In turn, this investment has encouraged innovations in clothing, communications, construction, and water and sanitation systems.

Economic incentives were reinforced by strategic needs. In 1957, the flight of the Soviet satellite *Sputnik* over the Arctic sparked a new interest in Arctic research. The following year, the U.S. nuclear-powered submarine, the *Nautilus*, made its first trans-Arctic cruise under the ice. Also in 1958, the first Conference on the Law of the Sea recognized the right of nations to exp! .it their continental shelf. In response, Canada claimed its Arctic continental shelf and the federal government created the Polar Continental Shelf Project to promote science and sustain Canadian sovereignty in the Arctic. Until then Canadians had relied on foreign maps for information on the Arctic coastal zone.[3]

Canada's north is only one small part of a global market for cold-climate technologies.

W. Lynch/Environment Canada - Canadian Parks Service

Some Key Canadian Innovations to Meet the Needs of Cold Regions

Date	*Innovation*	*Inventor*
1897	Snowmobile: first recorded motorized snow vehicle	H-E Casgrain (Quebec)
1922	Bombardier off-road vehicle	J.A. Bombardier (Bombardier, Inc., Valcourt)
1941	Airplane propeller de-icer (known as "rubber shoes")	J. Orr and T.R. Griffith (National Research Council of Canada, Ottawa)
1954	Muskeg and tundra all-terrain vehicle	W.B. Nodwell (Bruce Nodwell Ltd., Calgary)
1970	Factory-insulated, high-density polyethylene piping (for sewage collection and water distribution)	A.D. Whyman, E.T. O'Brien, A. Fiala (Du Pont of Canada Ltd., Mississauga)
1974	Portable package sewage treatment plant	K. Heuchert and J. Robinson (Petwa Canada Ltd., Calgary)
1983	Synthetic aperture radar: provides high-resolution images of ice and permits aerial surveys at night or through cloud	R. Lowry and K. Raney (Canpolar Inc., Toronto)
1984	Ice-load drum: measures the forces generated when a large ice sheet hits an oil rig or other structure	R. Hudson (Polar Tech Ltd., Sidney, B.C.)
1985	Spray-ice island: an artificial island for use in oil exploration	D. Masterson (EBA Engineering and GEOTECHnical resources ltd., Edmonton and Calgary)
1986	Arctic Escape System (AES): an amphibious, tracked, self-righting rescue craft	B.H.J.W. Seligman (Watercraft Offshore Canada Ltd., Vancouver)
1986	Snow paver: builds high-strength snow pavements for roads and airstrips	K.M. Adam (I.D. Systems Ltd., Winnipeg)
1989	Electromagnetic induction: measures ice thickness	J. Rossiter (Canpolar Inc., Toronto)
1989	Instrument to detect oil spill in and under ice	H. Jones (Technical University of Nova Scotia, Halifax)

The Polar Continental Shelf Project no longer does its own scientific research, but continues to provide a comprehensive transportation and communications network for an increasing number of government scientists, academics, and diverse national and international agencies. In 1987-88 alone, it supported over 1000 scientists throughout the Canadian Arctic. Over the past decade requests for support have grown by more than 100 per cent, and requirements are forecast to increase by 30 per cent over the next three years. Projects cover disciplines from archaeology to zoology.

Today, a new proposal is on the table to build a pipeline down the Mackenzie Valley to carry natural gas to markets in the United States. Whatever the outcome, it is clear that in the future the search for new energy and mineral reserves will continue; ice-breaking tankers will improve transportation links, and more pipelines will snake across the tundra. The future will almost certainly bring the creation of new federal parks, the renewal of radar networks and other defence activity, continued stresses on the environment, and increased pressure for more jobs. Scientific knowledge and new technologies will be necessary to manage these changes and assess their impact on the northern environment and its inhabitants.

It is paradoxical, then, that although there is general recognition of the value of scientific research in the North, little attention has been paid to the role of technology in meeting the needs of cold regions. In Canada cold-climate technologies have evolved in a policy vacuum. This stifles their development, and cheats all Canadians.

Economic and social potential

The potential market for Canadian cold-climate technologies is considerable. Effectively exploited it could strengthen existing firms and encourage new enterprises. But current circumstances thwart industrial expansion. Few of the firms with cold-climate capabilities can survive with the Canadian north as their sole or even major market. The total population of the northern territories is only 75 000, less than 1 per cent of the estimated 8 million people in the circumpolar north as a whole.[4] Although average income at $18 500 is a little above that for all Canada,[5] high unemployment and the low average income of the native population reduce effective demand. The weak market pull exerted by the North is further evidenced by the fact that the combined gross domestic product (GDP) of the northern territories is not much more than $2 billion a year. This is little more than that of Prince Edward Island ($1.6 billion) and less than one-hundredth that of Ontario.[6]

Many firms compete in northern markets only to take up slack resources when there is low demand in the south, and only a small proportion of the range of goods and services they sell are designed specifically for cold regions. Firms such as Canadian Foremost in Calgary and CMS Rotordisk in Toronto produce goods designed for harsh environments and sell to areas of extreme heat as well as cold. Other firms such as Lavalin in Montreal and Watercraft Offshore Canada in Vancouver have their sights set on global markets.

Megaprojects transform the level of demand for cold-climate technologies in the short to medium term. For example, the James Bay hydroelectric development injected an estimated $15 billion into the northern Quebec economy;[7] the proposed Mackenzie Valley gas pipeline is projected

The Canadian Coast Guard's ARKTOS Beta Utility Craft can move between land, ice, and water without stopping.

Watercraft Offshore Canada Ltd.

Poles Apart: Comparing the Polar Regions

Cold and dark in winter, cool with long hours of daylight in summer, and covered by ice and snow, the Arctic and Antarctic share a common context for many science and technology issues. Yet the two areas have very different meteorological, biological, and geographical conditions.

- The south polar region is an ice-covered continent surrounded by ocean; the north polar region is an ice-covered ocean surrounded by continents.[1]

- For the most part, the Arctic ice cover is relatively flat and low. In contrast, Antarctica is a continent under a massive dome of ice up to 4000 metres thick.[2]

- Summer and winter mean temperatures over the Antarctic are relatively unvarying. On a map they form a series of concentric isotherms centred east of the pole and extending beyond 60° south. In the Arctic, on the other hand, regional differences are apparent and are closely related to the alternating patterns of land and water that surround the Arctic Ocean.[3]

- Eight nations share the circumpolar north. Seventy-five per cent of the eight million people who live in the region are citizens of the Soviet Union.[4] In contrast, there are no permanent residents in the Antarctic but 22 nations are involved in research in the region.[5]

- Essentially a frozen sea, the Arctic also includes a fringe of 7.6 million km² of land. Of this, 5.5 million km² is tundra and the rest is ice cover. In the Antarctic less than 3 per cent (c. 400 000 km²) of the 14 million km² of land surface is free of permanent snow and ice.[6]

- There is a much richer plant and animal life in the far north than at comparable latitudes in the south. For example, over 100 species of seed-bearing plants may be found on the northernmost land point of Greenland at 84° N, but only two such species grow south of 56° S.[7]

- In Antarctica there is no terrestrial food and thus no land mammals; there are only seabirds, foraging at sea directly, scavenging, or preying on other seabird colonies. There are nine species of land mammals in the Arctic and 183 species of breeding birds; 20 species of birds breed in the Antarctic.[8]

- There are only 11 species of insects in Antarctica. There are no wasps, beetles, or butterflies; nor are there any worms, molluscs, or spiders — all of which are important in the Arctic ecosystem.[9]

at $10.9 billion.[8] But to secure more stable demand and to increase long-term levels of demand for their products and services, Canadian firms must capture a larger proportion of foreign markets.

No precise data exist on the size of the international market for cold-climate technologies because the expenditure patterns of many countries are unknown. But a few examples do give a tantalizing glimpse of the extent to which the international market offers a means to boost the Canadian industry. Right on our own doorstep, Alaska has a population of 539 000 and a GDP ten times that of the northern territories.[9] In Antarctica, $500 million a year is spent on consumable goods and services.[10] Estimates by the Alberta government suggest that more than 50 per cent of this market could be supplied by Canadian firms.[11] Canadian Foremost, Lavalin, and Tower Arctic are examples of Canadian companies that have already succeeded in securing multimillion-dollar orders in the Arctic and Antarctic.

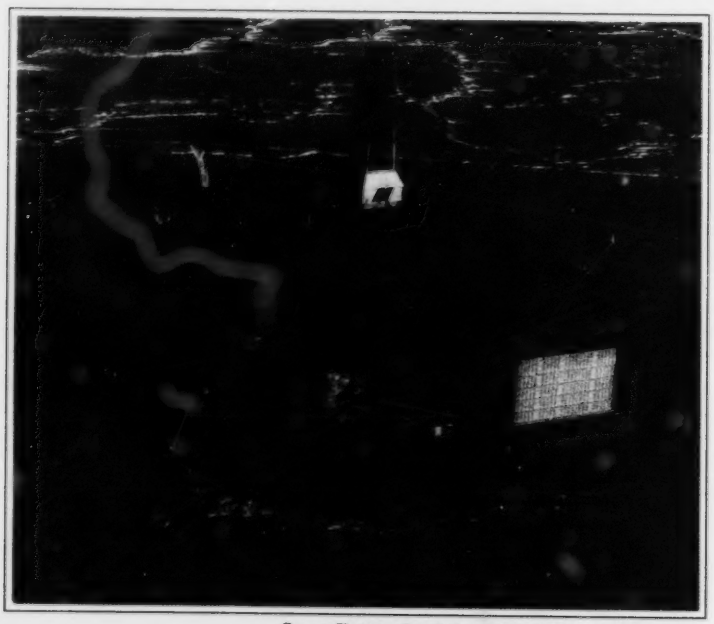
The demand for cold-climate technologies is poised for expansion. Within the northern territories a population growth rate double the national average, high levels of unemployment, low levels of education, high energy costs, and poor provision of basic public services including sewage treatment and water supply reinforce the need for a new era of growth and revitalization. Internationally, interest in cold regions has greatly increased in recent years. The reasons for this include their economic potential, environmental and defence concerns, and competition for territorial control. The Soviet Union, anxious to increase the population of Siberia, is encouraging economic development through joint ventures and direct foreign investment. There is rising interest in exploring the resources of northern China. In Antarctica international rivalry over investigation of mineral resource potential has accelerated. This growth in interest in the world's cold regions is reflected in a series of Canadian agreements with France, West Germany, Japan, Norway, the United Kingdom, and the Soviet Union that include cooperation in northern science and technology. Other cooperative agreements for the exchange of information on science and technology in the North are in place between Canada, Australia, and New Zealand.[12]

Realizing the economic and social potential of the world's cold regions while safeguarding their environmental integrity will require many new technologies. Canada has a long history of achievement in technologies for cold regions. In areas such as transport and communications, cold-ocean engineering,[13] building construction, and remote sensing, Canadians have achieved a leadership position.

Yet, despite its success in these technologies, Canada has no clearly defined cold-climate industry. As noted previously, many firms supply a range of goods and services only some of which incorporate a specific technology designed for cold regions, and many firms supply a wide geographical area but offer special "winterized" technologies for cold conditions.[14] Businesses involved with cold-climate technologies have a common context in their use and development of technologies to overcome the distinctive problems of isolation and extremely low temperatures.

Lack of a clear definition has allowed widely varying assessments of the number of businesses concerned. A recent Alberta survey identified over 500 firms in that

Mobile vessel designed and constructed for year-round oil-drilling operations in Arctic waters.



Ranson Photographers Ltd., courtesy of Gulf Canada Resources

province alone with an interest in cold-climate technologies.[15] A more conservative estimate put the total number of cold-climate technology firms in Canada closer to 150.[16] These firms are involved in clothing and footwear, ice engineering, environmental management, communications, and transportation, and they encompass a range of unique capabilities associated with cold-climate areas. What is clear is that many Canadian firms involved in cold-climate technologies have a good international reputation (reinforced by Canada's own image for responsible development), and that in many technology areas they lack effective competition — at least in the short term. Also clear is the urgent need to capitalize on these advantages to secure a larger share of global markets.

Environmental imperative

The North is littered with the unforeseen or uncontrolled consequences of technologies transferred into a new environment without due regard for the problems imposed by the cold. Large-scale disasters receive widespread publicity. Destruction of the fishing economy followed the damming of waters in James Bay; unprojected increases in shoreline erosion, sedimentation, turbidity, and phosphorous availability, a decline in water temperatures, the collapse of the commercial fishery, and the decimation of the native economy followed the Churchill River diversion on Southern Indian Lake.[17] Most recently, the inability to prevent or contain an oil leak off the coast of Alaska has generated an unprecedented ecological disaster. But less dramatic environmental problems are more widespread and equally profound. Throughout the North, the litter of plastic wrappings, dirty diapers, disused or abandoned equipment, problems with community garbage disposal and sewage treatment, subsidence of buildings, and permanently frozen water supply pipes are all testimony to the need for new technologies and improved scientific understanding to ensure safe development.

Reducing excessive costs and eliminating unacceptable environmental risks in northern development presents a major technological challenge. But there is perhaps an even greater challenge: that of developing and applying technologies to improve understanding of the polar regions as they affect the global environment.

The Arctic and Antarctic are essential in shaping global climate. Changes in the polar atmosphere, sea ice, and permafrost offer early warning signals of climatic change elsewhere. The polar regions also function as global historians, maintaining records of past environmental conditions within their permanent ice fields.[18]

A global warming trend would have a major impact on the viability of economic activities in the North. One warming scenario suggests a global average surface temperature increase of 1.5 to 4.5°C by about 2020. The polar regions are expected to undergo an average rise in winter temperatures 2 to 2.4 times global average increases. This would result in significant changes in the extent and thickness of sea ice, in land-ice mass, and in the permafrost regime. Gradual adjustment of vegetation and wildlife patterns would follow. Such changes would in turn affect oil and gas development, fisheries, construction, transportation, and farming.

Projections of global warming are generating enormous international interest in the polar regions. Canada has still not joined the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), but in 1988 did belatedly accede to the Antarctic Treaty, which governs the management of the Antarctic continent. Canada is also a signatory to a number of multilateral and bilateral agreements on Arctic science and participates in international scientific organizations and programs. Most recently Canada has been a key player in negotiating the formation of the International Arctic Science Committee.

The increase in worldwide interest will inevitably lead to expanded scientific investigation. The urgent need is to improve understanding of many complex questions: the interdependence between physical, chemical, and biological conditions in the Arctic and elsewhere in the world, Arctic ecosystems, ice dynamics, tropospheric chemistry, and near-earth space physics. Examining these issues will require the development of a large range of new technical solutions and equipment.

Strategic significance

The circumpolar north constitutes 10 per cent of the surface of the globe and contains only 0.1 per cent of the world's population. Yet its location gives it an importance that far outweighs matters of size or population. Dominated by the Soviet Union, whose citizens account for three-quarters of the Arctic population, the region is split among eight nations. It forms a core almost equidistant from the industrial heartlands of North America, Western Europe, the Soviet Union, and Japan, and provides a link of immense military significance.

Much more than a frozen wasteland over which missiles might fly in times of war, the Arctic is rapidly becoming a focal point for defence and development issues that are central to the interests of the superpowers.[19] Parts of the Arctic are experiencing fairly rapid industrialization. In the face of the increasing international interest in the Arctic, it is important that Canada make its own sovereignty secure.

Canadian concerns over territorial rights in the North date back to the 1930s.[20] These concerns surfaced most recently in 1985 when the *Polar Sea*, a U.S. Coast Guard ice breaker, traversed the Northwest Passage with the Canadian government's knowledge but without its permission.

As noted earlier, the mandate of the Polar Continental Shelf Project specifically includes promoting scientific research and asserting Canadian sovereignty. But international recognition will not be assured unless Canada is able to extend this scientific research into the development and application of technologies that will allow the monitoring and protection of its northern extremities. Two federal commitments have recently been postponed or dropped: to purchase a small fleet of nuclear submarines with the capacity to patrol under the Arctic ice, and to build a Polar Class 8 ice breaker. Without the nuclear submarines or the ice breaker, Canada must develop new technical solutions for surveillance in its polar regions.

Constraints

Some of the constraints on the application of technologies for cold regions are shared with other sectors of the economy, and some are specific to this one technology sector.

Small, unstable domestic market

The greatest barriers to selling products and services in the North are commonly identified as the small, scattered consumer market and the cyclical nature of demand in response to the cycles of boom and bust in the resource industries.

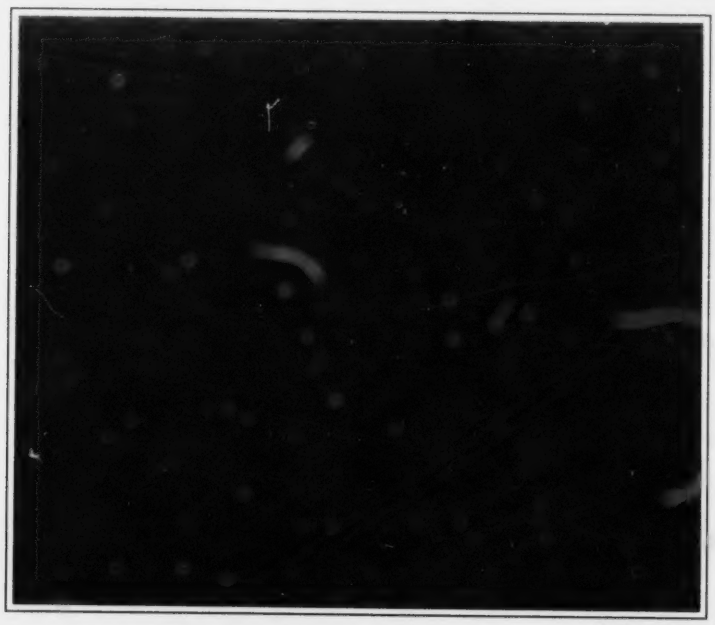
There are 100 square kilometres for every man, woman, and child in Canada's northern territories. Most residents live in communities of fewer than 400 people.[21] The sheer extent of the territories — four million square kilometres — necessitates supplies of goods and services from Edmonton, Winnipeg, and Montreal and limits the potential of any one centre emerging as the focal point of a cold-climate technology industry.

In the past 20 years, mining and oil and gas recovery have been the prime forces for northern economic development. But investment, like energy prices, has fluctuated. Government expenditure on R&D tends to reinforce rather than smooth out these fluctuations in the marketplace. Dips in investment reduce industrial expenditure on research and cut technical development. Cutbacks also directly affect industry's demand for goods and services, and by restricting northern employment opportunities further reduce consumer spending.

Difficulties in maintaining knowledge database and qualified personnel

Lack of qualified staff, high staff turnover, and the absence of a comprehensive, accessible source of information on cold-climate technologies and techniques lead to structures that cannot withstand extreme weather conditions. Such problems are so commonplace that for some northern-based engineering and consulting firms, the best customers are insurance companies seeking evaluation of claims. For firms anxious to meet domestic needs and expand abroad, ready access to technological information and the availability of qualified personnel to assess applications and to install and maintain equipment are crucial.

Frost heave and permafrost can cause extensive damage to the foundations of power transmission towers.



Manitoba Hydro

The Cost of Ignorance

Absence of appropriate technologies, disregard of the specific technological needs of the northern environment, and the misapplication of available technologies for cold regions can impose enormous costs.

- Completed in 1970, the Radisson-Dorsey ± 500 KVDC transmission lines carry more than 70 per cent of Manitoba Hydro's power. The lines extend 900 kilometres from the Saskatchewan-Nelson River area south to Winnipeg. By 1974, the effects of frost heave and permafrost had necessitated repairs to the foundations of transmission towers totalling $2 million (1974). Power outages on these lines impose an additional cost of $20 000 an hour and have an immense, if incalculable, economic and social impact on corporate and domestic consumers.[1]

- In the late 1970s and early 1980s, pipes were laid to carry water from local reservoirs to serve the populations of Pond Inlet and Broughton Island. The pipes should have allowed a saving in trucking costs and in not having to keep the roads open between the communities and their reservoirs. However, the heat loss from the pipes was not calculated correctly, and the pipes froze within a month of installation. They remain frozen. Each of the two frozen supply lines cost $1 million.[2]

Less spectacular examples of cost burdens imposed by technological problems — either lack of necessary equipment or knowledge, or scarcity of trained personnel — are frequent and widespread throughout the Arctic. The high cost of labour and materials in the region compounds the practical problems posed for the individuals and communities concerned. One result is skyrocketing insurance costs and an increasing reluctance of insurance companies to provide the protection required. Three examples highlight a major regional issue.

- Improper installation of wooden piles for a building in Fort Franklin in 1985 necessitated monthly monitoring over a two-year period at a cost of close to $120 000 before the building could be deemed sound.[3]

- At Baker Lake, as in many other northern communities, buildings have been positioned in disregard of the prevailing wind direction. The resulting build-up of snow against windows and doors requires continual manual snow clearing.[4]

- Freezing of tight backfill around the foundation of a school built at Fort McPherson in the mid-1980s lifted the building and dictated expensive repairs.[5]

Despite financial incentives, qualified staff are hard to attract and even more difficult to retain. Problems are particularly severe when southern economies are strong. Consequently, most professional and technical positions in the North are held by short-term residents from southern Canada.

Most training programs in Canada include no special provisions for northern applications. For example, out of a total of 36 universities, only four offer courses in northern engineering;[22] there is no reason to believe that people who end up working in the North have taken these courses. Of necessity, most staff are trained on the job. But staff turnover is as frequent as every two to three years, so that no sooner are many staff trained than they quit.

Knowledge of cold-climate technologies and techniques and general information about cold regions is scattered throughout federal and provincial departments and agencies, individual universities, and private companies. Much useful knowledge languishes in unpublished technical reports. During market downturns, cutbacks in technical sections and closures of R&D divisions leave industry (and Canada) bereft not only of individual experts, but also of an extensive, unpublished knowledge base. This was certainly the case with oil and gas firms in Calgary in the 1980s.

Attempts to retain the unpublished literature have been made. The Arctic Institute of North America and the Boreal Institute are promoting the creation of a Canadian Polar Information System. The Arctic Science and Technology Information System centred at the Arctic Institute in Calgary is an initial step in this direction. Thanks to the support of industries in the Calgary area, some of the literature is now on file.

Compendiums of technical information exist on certain subjects. Examples are the *Cold Climate Utilities Manual* (a joint project by Environment Canada and the Department of Public Works of the Northwest Territories),[23] and *The North File: Northern and Remote Technology in Housing* (the flagship product of the Northern and Remote Technology in Housing Committee of Canada Mortgage and Housing).[24] Other compendiums are in preparation, including a three-volume set by the World Health Organization.

Scarcity of research infrastructure and facilities

In 1984, in response to federal budget cuts, the National Research Council killed a proposed program and facility for cold-climate research. That centre was intended to be a joint federal/provincial/industry-funded venture for the purpose of consolidating existing knowledge and carrying out research on problems related to cold-climate activities in Canada.[25] However, the Centre for Cold Ocean Resources Engineering (C-CORE), based at Memorial University, and the Centre for Frontier Engineering Research (C-FER), at the University of Alberta, are two industry-led scientific organizations that are evolving into positions of leadership in the research, development, and design of cold-climate technologies. In addition, six Canadian universities have specialized research centres or field research facilities in the North.[26] As well, a few northern business and native development corporations have their own research programs — the Makivik Corporation in Quebec and the Arctic Research Establishment in the Northwest Territories are two cases in point.[27]

Yet the health of cold-climate research and engineering in Canada is far from secure. The international standing of Canadian geotechnical engineering remains in doubt and overall levels of funding have decreased. For example, federal funding through the Panel on Energy Research and Development (PERD) has fallen from a high of $168 000 in 1984-85 to a current level of $90 000.[28] University research has also suffered from funding problems. McGill University's sub-Arctic research laboratory at Schefferville, which has a unique 35-year climate and environmental database — a resource one might reasonably expect to attract heightened interest in view of threatened environmental change — faces closure due to a failure to secure long-term funding. Even though Canada has more frozen ground than any country except the Soviet Union, it has no controlled-environment frozen-ground laboratory designed for large-scale experiments.[29] Some of the most fundamental Canadian work on the effects of freezing on buried pipelines has to be done in France. The absence of a research vessel capable of travel in sea ice constrains the cold-oceans research centred at St. John's. Again and again, needs evident in the North have failed to generate an adequate southern response.

Absence of national leadership and goals

More than 20 federal departments and agencies, over 30 Canadian universities, numerous individual firms and industrial organizations, several provincial and territorial governments, as well as native development corporations and private organizations in both northern and southern Canada are engaged in some aspect of the development and application of knowledge pertaining to cold-climate technologies.[30] However, expertise is thinly scattered and there is widespread dissatisfaction within this community regarding the scope and focus of northern science and technology.

Private sector interest in the Canadian north fluctuates widely with the fortunes of the resource sector, and public sector interest tends to follow suit. For the most part, long-term, sustained research has been downgraded to meet urgent, short-term needs. In the United Kingdom and Norway, policies for oil and gas development include specific requirements for a corporate commitment to R&D investment. In Canada, there has been a failure to address the changing nature of northern scientific and technological needs. There are no clear, national scientific or technological goals; nor is there evidence of national leadership.

In stark contrast to these inadequacies in national policy is the increasing commitment to cold-climate research by countries as disparate as the United States, West Germany, Norway, the United Kingdom, France, Japan, and Sweden.[31] Such commitment often involves a parallel effort in technology development. Many countries, too, recognize that the problems in the circumpolar world increasingly require international cooperation. As mentioned earlier, Canada is now party to a series of bilateral and multilateral agreements that include cooperation in polar science and technology. Agreements for the exchange of information on polar science and technology are also in place. The ad hoc Committee on Cold Regions S&T of the

The Cost of Cold and Isolation

Cold and isolation add enormous costs to daily life and economic development in polar regions. Technological improvements offer a means to reduce these costs.

- The average cost of 5000 kwh of electricity in Yellowknife is $476.63; in Whitehorse, $336.30; in Toronto, $275.90; and in Winnipeg, $189.60.[1]

- The cost of heating and lighting a home in Cambridge Bay is almost 9 times the cost of heating and lighting the equivalent home in Edmonton; in Yellowknife the cost is 3.8 times and in Norman Wells, 2.2 times Edmonton costs. The cost of heating a home in Whitehorse is 2.2 times that of Vancouver; in Dawson City it is 3.1 times and in Beaver Creek, 3.4 times Vancouver costs.[2]

- The average cost of a week's groceries for a family of four in April 1989 was: Yellowknife, $160.44; Whitehorse, $158.95; Toronto, $128.35; Montreal, $125.21; and Thunder Bay, $117.17.[3]

- The cost of schooling in the Yukon averages $7407 per student. In the Northwest Territories the average is $7362 per student. This compares with $4167 in British Columbia, $4035 in Saskatchewan, $4734 in Ontario, and $3435 in Prince Edward Island.[4]

- The cost of packaging and shipping household goods from southern Canada to the North increases their price by an average of 20 to 30 per cent.[5]

Interdepartmental Committee on International Scientific and Technical Relations is the federal body responsible for coordinating Canada's international policies. The proposed Polar Commission[32] would act as a valuable focus to promote national coordination in polar S&T. For without its own set of priorities, Canada is in danger of giving away the shop.

Problems in securing foreign markets

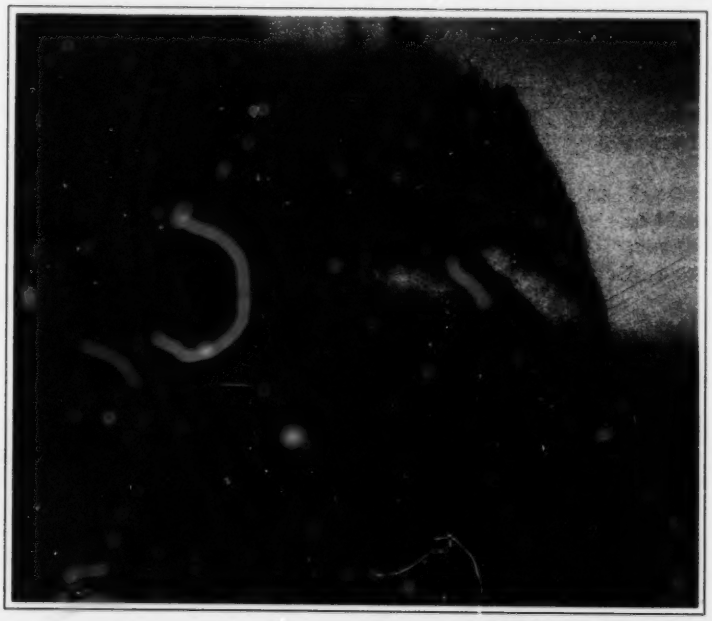
Despite some impressive achievements by individual firms, most Canadian companies involved in cold-climate technologies are ill-equipped to penetrate foreign markets. Most cold-climate technology companies are small or medium-sized and have evolved to meet domestic needs; as such, they lack the staff and expertise to market abroad. Knowledge of overseas markets for cold-climate technologies is difficult to obtain. Often, successful Canadian companies are approached by foreign clients rather than seeking them out themselves. Selling abroad requires a large investment of time, money, and personnel with no guarantee of success. In addition, government failure to recognize the existence of a cold-climate technology sector has resulted in the absence of any focused government marketing assistance.

Federal and provincial governments are unaccustomed to defining firms or products on geographical criteria. A cold-climate technology industry exists only within the context of the special needs associated with isolation and extreme cold. Continued reluctance to accept an industry defined in this way seriously impedes policy development. Neither is government necessarily well suited to a marketing role. In fact, many Canadian firms see marketing as the prerogative of industry itself. In Norway, on the other hand, the government has taken the initiative and publicizes the country's broad expertise in cold-climate science and technology. Canada has issued a catalogue dealing with military equipment for cold regions but has yet to recognize Canadian scientific expertise and technological know-how as a desirable, marketable product.[33]

* * *

The constraints that hinder the development and application of technologies for cold regions are not insurmountable. In the long term, the chief barrier to market development may be one of perception. Acceptance of the North as an integral part rather than a fringe area of Canada would set the constraints on technological improvement for cold regions in better perspective. Industry must also recognize that Canada's north is only one small part of a global market. Viewed in an international context, the problems facing the cold-climate technology industry are dwarfed by the opportunities.

Construction of an artificial ice island, developed as a cost-effective means for exploratory drilling in Arctic waters in the winter.



Esso Resources Canada Limited

Seeking solutions

To use the knowledge and experience accumulated in the North as a basis to penetrate world markets requires both greater self-help by the private sector and reinforcing public policies that overlap broad areas of industrial strategy and scientific research. In the long term, only the establishment of coherent defence, environmental, and economic strategies will permit the fullest use of cold-climate technologies to meet the needs of Canada's own northern regions. As yet, no comprehensive policy exists. Policies have evolved in response to a perception of technology as a rogue elephant rather than within a well-regulated agenda of actively promoting and directing northern development. Although the importance of technology to the rest of the economy is recognized at all levels of government and in our colleges, universities, and industries, the North is still too often viewed by Canadians as a burden, at best as a natural resource base to be exploited at will. This attitude distracts from the potential offered by the North and from the role of technology in northern development.

Recommendations

Notwithstanding the long-term need to fit policies for cold-climate technologies into a broader context, the urgency of harnessing Canadian cold-climate expertise to meet national and international needs demands immediate action. The following recommendations are designed to this end. They address not only existing gaps in research infrastructure and research funding but also the gamut of problems that beset the development of a new industrial sector. Several recommendations are designed to strengthen the existing database for cold-climate technologies as a means to identify national needs and priorities. One calls for increased government investment in R&D for cold-climate technologies; another aims at boosting product quality and improving marketing efforts. Despite its potential, the cold-climate technology industry remains generally unrecognized not only by governments and marketing agencies but often by those very scientists and business people most directly concerned. Consequently, the final two recommendations are designed to strengthen research and training programs. Together the proposals offer a focused program to ensure the development of a vigorous cold-climate technology industry.

Collecting, preserving, and disseminating information

Data on polar science and technology in Canada are scattered and incomplete. If Canada is to seize the opportunity to build on its existing expertise and embark on a strategic approach to cold-climate technologies, the collection, preservation, and dissemination of information must be improved. To this end:

1. **The Department of Industry, Science and Technology should establish a Cold-Climate Technology Commission to review technology development for cold regions, determine national needs, and identify R&D priorities. Half of the membership of the Commission should be drawn from the private sector.**

Once established, the Commission would provide a focus for the collection, preservation, and dissemination of information on cold-climate technologies. But these tasks cannot be delayed until the Commission is in place. In the short term several other initiatives are required.

For example, there are calls for a new laboratory for terrestrial research in the North. Construction of any new facility must be justified by well-defined needs. As yet, however, there is no comprehensive inventory of existing facilities for cold-climate research. To rectify this situation:

2. **The Department of Industry, Science and Technology should create and maintain an inventory of all existing facilities for cold-climate research.**

Canadian scientists are often invited to participate in research projects in the Canadian Arctic that have been initiated by the United States, West Germany, or some other country. As well, increasing international cooperation in polar science and technology is absorbing scarce Canadian resources and expertise.

International cooperation is the natural outgrowth of heightened awareness of the importance of the polar regions in the global environmental system and is to the long-term advantage of all Canadians. However, in the absence of clearly stated Canadian objectives and without an understanding of Canadian expertise, Canadian R&D priorities are being set by default in terms of the stated priorities of other countries. And praiseworthy though it is to foster bilateral agreements in polar science and technology, there is a danger of Canada losing its own competitive edge. Canada needs a comprehensive inventory of cold-climate R&D activity. The absence of such an inventory hinders the industrial application of the results of Canadian research, prevents the identification of areas of national expertise, and limits the development of national R&D priorities in polar science and technology. To resolve these difficulties:

3. **The Department of Industry, Science and Technology should initiate a permanent program to review cold-climate research and development activity and establish national R&D priorities.**

The results of research into the North and into cold-climate technologies are often difficult to obtain. Whether assembled by governments, corporations, or academics, much valuable material is never published. Particularly in the corporate sector, staff turnover and the loss of R&D personnel in times of economic restraint result in costly efforts to "reinvent the wheel" when activity eventually picks up. The outcome is a serious loss of earnings and a high social cost as errors are repeated. The Arctic Institute of North America and the Boreal Institute for Northern Studies, with strong support from the oil and gas industry, have already invested $2 million toward the development of the Canadian Polar Information System. However, product and service charges are unlikely to recoup more than 25 per cent of total annual expenditures on the system. Because there is an urgent need for financial support for an integrated polar information system:

4. **The Department of Industry, Science and Technology, with the Department of Indian Affairs and Northern Development, should provide the necessary financial support to ensure the development and maintenance of an integrated polar information system to meet public and private sector needs.**

The dissemination of more information is also a primary need if Canada is to seize the commercial opportunity of its cold-climate technologies. The government of Alberta has developed a provincial list of businesses involved in the field. Meanwhile, the Cold Climate Technology Association of Canada has started to establish a national inventory of businesses, government departments, and other agencies involved in cold-climate technologies. To help all stakeholders in these technologies better coordinate and manage their own activities and to promote Canadian cold-climate technologies abroad:

5. **The Department of Industry, Science and Technology should work with the Canadian General Standards Board to assemble a comprehensive inventory of the companies, institutes, and other organizations that provide a marketable cold-climate product or service.**

As a further step:

6. **The Department of Industry, Science and Technology, with Investment Canada and the Department of External Affairs, should prepare a brochure or information package aimed at attracting foreign buyers for Canadian cold-climate technologies.**

This material should be distributed to federal and provincial trade commissions and other bodies to help promote Canadian cold-climate technologies. A model for the brochure is *Norway Exports: Polar Equipment, Technology and Services*, published by the Export Council of Norway in cooperation with the Norwegian Polar Research Institute.

Government investment in R&D

Three federal programs provide funding specifically for research and development in cold-climate technologies: the Northern Oil and Gas Action Program (NOGAP) run by the Department of Indian Affairs and Northern Development; the Panel on Energy Research and Development (PERD) run by the Department of Energy, Mines and Resources; and the Environmental Studies Research Fund (ESRF), which is managed by the Canada Oil and Gas Lands Administration. Today, NOGAP is in abeyance, PERD is operating on a severely reduced budget, and ESRF funding is negligible.

The pattern of government support tends to parallel trends in the private sector and thus accentuates rather than alleviates the fluctuating cycle of business investment. The result is an absence of long-term research, a shortage of adequate scientific evidence to manage economic development, and a reduced ability to review and implement environmental guidelines. For example, government funding of research to examine the problems of gas pipelines in the Arctic ceased when gas prices fell and industrial interest waned. The recent revival in interest may reactivate funding, but the necessary research cannot be built up quickly enough to meet the pace of economic development. The current absence of adequate research funds runs counter to scientific needs and works against the goal of sustainable development in the Arctic. Therefore:

7. **The Department of Finance should restore funding to NOGAP and PERD to ensure that R&D in cold-climate technologies is maintained regardless of short-term market conditions.**

Ensuring product quality

Persistent cold weather and the high cost of transportation mean that reliability and durability are particularly important criteria in the selection of goods and materials for use in the polar regions. Naphtha camp stoves and snowmobiles are two Canadian-made products being displaced by imports because of the perceived inadequacy of the Canadian products under extreme weather conditions.

Canadian penetration of foreign markets for cold-climate technologies depends on the ability to supply items that are unique, more cost effective than the competition, or of the best available quality. The proposal by the Science Institute and the government of the Northwest Territories for a Technology Development Centre with cold-climate testing facilities is an important first step. But to allow informed consumer choice, to encourage market competition, and to promote the export of cold-climate technologies, Canada must establish a means whereby consumers can readily identify products proven to meet cold-climate performance criteria. To this end:

8. **The Canadian General Standards Board should institute a labelling program for goods and materials suitable for use in extreme temperature conditions.**

Strengthening research and training in technology

Several government programs encourage cold-climate research and allow northern people to gain work experience in science and technology. However, the scarcity of specific courses and programs in cold-climate engineering at Canadian universities is cause for concern, as is the apparent lack of northern content in general engineering programs, evidenced by the problems companies face in recruiting trained personnel and by the number and scale of engineering and design failures in the North. To resolve this problem:

9. **The National Committee of Deans of Engineering and Applied Science should review existing courses and programs with a view to strengthening their northern content.**

The success of Canadian companies at retaining their hold on domestic markets and expanding into cold-climate markets overseas is conditional on the availability of technical and professional staff experienced in cold-climate conditions. The reason for the small number of northern engineering courses in Canadian universities is not so much lack of money as the absence of personnel with a primary interest in the subject. To heighten public awareness of the importance of cold-climate technologies and to strengthen the long-term development of these technologies in Canada:

10. **The Natural Sciences and Engineering Research Council, in partnership with industrial or government sponsors, should establish five professorial chairs in cold-climate engineering.**

These new positions should be designed to allow the appointment not only of senior academics but also of younger, less experienced individuals (perhaps at the level of associate professor). Such positions would encourage academics to pursue careers in northern engineering, attract graduate students to northern topics, and promote the creation of additional undergraduate courses in northern engineering.

Notes

1. S. Sanderson, "Where the Excellence Is," *Across the Board*, 24 (9): 25-31 (1987).
2. M. Zaslow, *The Northward Expansion of Canada 1914-1967* (Toronto: McClelland and Stewart, 1988), 369-370.
3. Energy, Mines and Resources Canada, *The Polar Continental Shelf Project* (News release and Backgrounder, Ottawa: 8 April 1988).
4. Statistics Canada, *The Nation: Age, Sex and Marital Status*, Census Canada 1986, No. 93-101 (Ottawa: 1987).
5. Statistics Canada, *National Income and Expenditure Accounts: Annual Estimates, 1976-1987*, No. 13-201 (Ottawa: 1988).
6. Statistics Canada, *Provincial Economic Accounts: Annual Estimates 1976-87*, No. 13-213 (Ottawa: 1989).
7. "James Bay Project," *The Canadian Encyclopedia*, vol. 2, 2nd ed. (Edmonton: Hurtig, 1988), 1103.
8. D. Burns, "The West's Last Megaproject," *Western Report*, 1 May 1989, 14-17.
9. N. Fried, "A 20 Billion Economy — Alaska's Gross State Product," *Alaska Economic Trends*, October 1988, 10.
10. Estimate calculated by the Alberta Department of Economic Development and Trade (Larry Lang, personal communication), May 1989.
11. Ibid.
12. *The North and Canada's International Relations*, report of a working group of the National Capital Branch of the Canadian Institute of International Affairs (Ottawa: Canadian Arctic Resources Committee, March 1988), 4.
13. The distinct engineering concerns arise because of the presence of icebergs, sea ice cover, and low water temperatures.
14. Such problems of definition are not unique to businesses involved in cold-climate technologies. Several other emerging technology sectors cannot easily be classified into traditional industrial groups. Businesses associated with biotechnology, space, and environmental technologies exemplify the emergence of new industrial sectors, each defined by a common technology base rather than product line.
15. Alberta, Department of Economic Development and Trade, International Trade Branch, *Alberta's Cold Weather Technology Industry* (Edmonton: 1989).
16. This number is based on an unpublished assessment done for Industry, Science and Technology Canada in 1989, which identifies firms, associations, organizations, and individuals with an interest in northern technologies.
17. J.C. Day, *Canadian Interbasin Diversions*, Research Paper 6, Inquiry on Federal Water Policy (Ottawa: Environment Canada, 1985).
18. E.F. Roots, "The Arctic Region," in *To Know this Planet* (Royal Society of Canada), forthcoming.
19. E. Solem, "Should Canada Have a Long Term Strategy for the Arctic?" in *L'Arctique : Espace stratégique vital pour les grandes puissances* (Quebec: Université Laval, 1986).
20. *The North and Canada's International Relations*, 39.
21. Yukon Government, Executive Council Office, Bureau of Statistics, *Yukon Statistical Review: Third Quarter, 1988* (Whitehorse: 1989); Government of the Northwest Territories, Bureau of Statistics, *Statistics Quarterly*, 10 (2): 1988.
22. Field survey data.
23. Environment Canada and the Government of the Northwest Territories, *Cold Climate Utilities Manual* (Montreal: Canadian Society for Civil Engineering, 1986).
24. *The North File: Northern and Remote Technology in Housing*, a working document compiled and edited by the NORTH Group (Ottawa: Canada Mortgage and Housing, 1988).
25. National Research Council Canada, *Proceedings of the 289th Meeting of the Council* (Ottawa: 1983), Annex J.
26. The Association of Canadian Universities for Northern Studies' *List of Northern Specialists at Canadian Universities* (Third Edition, Ottawa, 1989) identifies 217 specialists with an interest in some aspect of northern engineering at 15 universities.
27. *Canada and Polar Science*, report of a working group on polar science (Ottawa: Department of Indian Affairs and Northern Development, 1987), 13.
28. Unpublished data from the Department of Energy, Mines and Resources, Energy Research Division, Ottawa, 1989.
29. P.J. Williams, *Pipelines and Permafrost: Science in a Cold Climate* (Ottawa: Carleton University Press, 1986), 99.
30. *Canada and Polar Science*, 10.
31. *Canada and Polar Science*, 20-21.
32. This initiative was a major recommendation in *The Shield of Achilles: The Report of the Canadian Polar Research Commission Study* (Ottawa: Department of Indian Affairs and Northern Development, 1988).
33. External Affairs Canada, Defence Programs Bureau, *Canadian Cold Weather Clothing and Equipment Guide* (Ottawa: no date).

Notes for Boxes

Poles Apart: Comparing the Polar Regions

1. J.B. Maxwell and L.A. Barrie, "Atmospheric and Climatic Change in the Arctic and Antarctic," *Ambio* 18 (1): 42-49 (1989).
2. Ibid.
3. Ibid.
4. C. Holden, "Environment, Culture and Change in the Arctic," *Science* 243 (17): 883 (February 1989).
5. P.J. Beck, "Entering the Age of the Polar Regions: The Arctic and Antarctic are No Longer Poles Apart," *Ambio* 18 (1): 92-94 (1989).
6. E.C. Young, "Ecology and Conservation of the Polar Regions," *Ambio* 18 (1): 23-33 (1989).
7. J. May, *The Greenpeace Book of Antarctica* (London: Dorling Kindersley, 1988).
8. Personal communication, D.R. Gray, National Museum of Natural Sciences, Ottawa, October 1989.
9. Ibid.

The Cost of Ignorance

1. Personal communication, A. Staudzs, Manitoba Hydro, Winnipeg, July 1989.
2. Personal communication, J. Ferguson, Ferguson, Simek, Clark, Yellowknife, August 1989.
3. Ibid.
4. Ibid.
5. Ibid.

The Cost of Cold and Isolation

1. Statistics Canada, *Electricity Bills for Domestic, Commercial and Small Power Service*, No. 57-203 (Ottawa: 1988).
2. Statistics Canada, unpublished data for 1989 (A. Dufresne, personal communication, October 1989).
3. Agriculture Canada, *Retail Food Price Report*, No 4 (Ottawa: 19 May 1989).
4. Statistics Canada, *Financial Statistics of Education*, No. 81-208 (Ottawa: 1989).
5. Personal communication, Serge Tessier, Les Entreprises S.F.T. Canada Inc., Rosemère, Quebec, March 1989.

Members of the Polar Science and Technology Committee

Chairman
Gerald S.H. Lock

Members
Robert O. Fournier
Norman B. Keevil
Geraldine A. Kenney-Wallace (ex officio)
Ian G. MacQuarrie

Member and Project Officer
William Smith

Members of the Science Council of Canada

(as of September 1989)

Chairman
Geraldine A. Kenney-Wallace, LRIC, MSc, PhD, ARIC, FRSC

Members
John M. Anderson, PhD
Vice-President, Operations
Atlantic Salmon Federation
St. Andrews, New Brunswick

Norman L. Arrison, BSc, MSc, PhD, PEng
Arrison Consultants
Red Deer, Alberta

Morrel P. Bachynski, BEng, MSc, PhD, FAPS, FCASI, FRSC, FIEEE
President
MPB Technologies Inc.
Dorval, Quebec

Richard Bolton, PhD
Directeur général
Centre canadien de fusion magnétique
Institut de recherche d'Hydro-Québec
Varennes (Québec)

Douglas Bennell Craig, BASc, PhD
Teacher and Instructor
F.H. Collins Secondary School and
Yukon College
Whitehorse, Yukon

Simon J.S.W. Curry, BA, MA, PhD
Manager
VHDL and High-Level Capture
Bell-Northern Research
Ottawa, Ontario

James Cutt, MA, PhD
Professor
School of Public Administration
University of Victoria
Victoria, British Columbia

Richard M. Dillon, BSc, LLD
Principal
Alafin Consultants Limited
Toronto, Ontario

Gerald B. Dyer, BSc
Director — Research
Du Pont Canada Inc.
Kingston, Ontario

Robert O. Fournier, BSc, MSc, PhD
Associate Vice-President (Research)
Dalhousie University
Halifax, Nova Scotia

J. Barry French, BASc, MSc, PhD, FRSC, FRSA, FCASI
Professor
Institute for Aerospace Studies
University of Toronto
Downsview, Ontario

Merritt A. Gibson, BSc, MSc, PhD
Professor and Head of the Department
Department of Biology
Acadia University
Wolfville, Nova Scotia

J.C. (Clay) Gilson, BSA, MSc, PhD, FAIC, LLD
Professor
Department of Agricultural Economics
University of Manitoba
Winnipeg, Manitoba

Gordon Gow, PhD (hon)
President and Chief Executive Officer
Ontario International Corporation
Toronto, Ontario

Robert G. Guidoin, PhD
Professeur titulaire
Laboratoire de chirurgie expérimentale
Pavillon de services
Université Laval
Québec (Québec)

Norman B. Keevil, OC, PhD
Chairman of the Board
Teck Corporation
Vancouver, British Columbia

Bernard M. Leduc, MD, DPhil
Chef de la direction scientifique et
directeur régional
Wyeth-Ayerst Research — Canada
Saint-Laurent (Québec)

Gerald S.H. Lock, BSc, PhD, FEIC, FCSME
Professor
Department of Mechanical Engineering
University of Alberta
Edmonton, Alberta

Ian G. MacQuarrie, BSc, MSc, PhD
Professor
Department of Biology
University of Prince Edward Island
Charlottetown, Prince Edward Island

Frank G. Marsh, BSc, BEd, MEd, PhD
President
Eastern Community College
Burin, Newfoundland

Karim Wade Nasser, PhD, PEng
Professor
Department of Civil Engineering
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan

John Roth, MEng
Executive Vice-President
Product Line Management
Northern Telecom Limited
Mississauga, Ontario

Charles R. Scriver, MD, FRSC
Professor of Pediatrics, Genetics and
Biology
McGill University
Director
deBelle Laboratory for Biochemical
Genetics
The McGill University-Montreal
Children's Hospital Research Institute
Montreal, Quebec

Jennifer M. Sturgess, BSc, PhD
Director
Medical and Scientific Affairs
Parke-Davis, Warner-Lambert Canada Inc.
Scarborough, Ontario

Andrew Szonyi, MBA, MASc, PhD, PEng
Chairman
Zarex Management
Toronto, Ontario

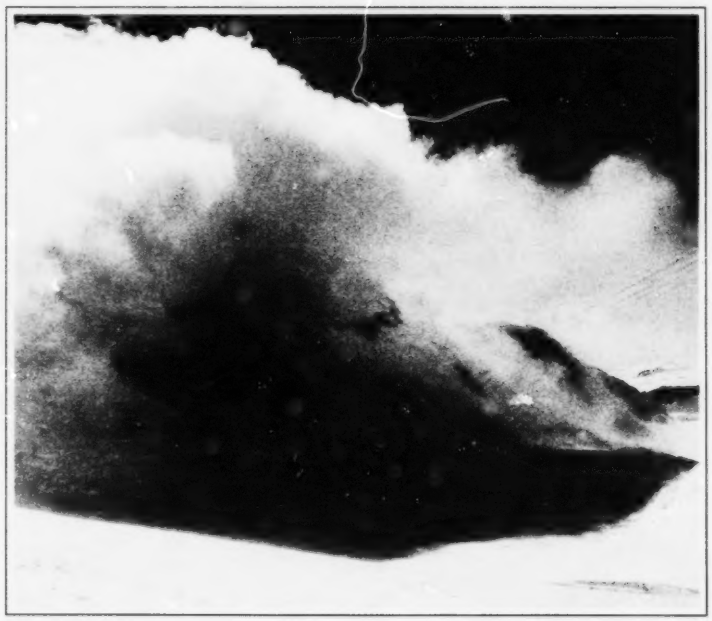
John Malcolm Webster, BSc, PhD, ARCS, DIC
Professor
Department of Biological Sciences
Simon Fraser University
Burnaby, British Columbia

Hugh Robert Wynne-Edwards, BSc, MA, PhD, DSc, FRSC
Chief Executive Officer
Moli Energy Limited
Vancouver, British Columbia

Conseil des sciences du Canada
Science Council of Canada

Déclaration du Conseil des sciences du Canada

Exploiter les sciences et les technologies des régions froides



Déclaration du Conseil des sciences du Canada

Exploiter les sciences et les technologies des régions froides

Décembre 1989

Le Conseil des sciences du Canada est l'organisme consultatif national attitré en matière de politique scientifique et technologique. Créé en 1966, il a pour mandat :

- d'analyser les dossiers scientifiques et technologiques ;
- de recommander des lignes d'action au gouvernement ;
- de sensibiliser les Canadiens à l'importance des sciences et de la technologie dans leur vie ;
- de susciter, auprès des administrations publiques, des entreprises et des établissements d'enseignement, la prise de mesures dans des domaines scientifiques et technologiques.

Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa (Canada)
K1P 5M1

Nº SS31-16/1989 au catalogue
ISBN Nº 0-662-57032-4
© Ministère des Approvisionnements et Services, 1989

Photo de la couverture :
M. Bechtell/Environnement Canada – Service canadien des parcs

Décembre 1989

L'honorable William Winegard, C.P., député
Ministre d'État (Sciences et Technologie)
Chambre des communes
Ottawa (Ontario)

Monsieur le Ministre,

Conformément à l'article 13 de la Loi sur le Conseil des sciences du Canada, je vous présente une déclaration du Conseil intitulée *Exploiter les sciences et les technologies des régions froides.*

Les membres du Conseil ont approuvé à l'unanimité les vues et les recommandations formulées dans cette déclaration.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'expression de mes sentiments distingués.

La présidente du Conseil des sciences du Canada,

Geraldine A. Kenney-Wallace

Table des matières

Avant-propos 7

Les possibilités 9
Le potentiel économique et social 11
L'environnement et ses impératifs 14
L'importance stratégique 14

Les contraintes 15
L'étroitesse et l'instabilité du marché canadien 15
La difficulté d'entretenir des banques de données et de garder le personnel qualifié 15
La pénurie d'infrastructure et d'installations de recherche 17
L'absence de leadership et d'objectifs nationaux 17
L'accès difficile aux marchés étrangers 19

En quête de solutions 21
Recommandations 21
Rassembler, conserver et diffuser les renseignements 21
L'investissement gouvernemental en R-D 22
Assurer la qualité des produits 23
Améliorer la recherche et la formation en technologie 23

Notes 24
Notes des encadrés 25

Comité des sciences et des technologies polaires 27
Membres du Conseil des sciences du Canada 28

Avant-propos

Les progrès scientifiques et technologiques ont reculé petit à petit la frontière économique du Canada vers le Nord. Les entreprises canadiennes ont pu ainsi développer un éventail de compétences uniques adaptées aux climats froids et acquérir une réputation enviable à l'échelle internationale dans la mise en valeur des régions à climat froid.

Aujourd'hui, ces entreprises peuvent tirer profit des marchés florissants et de l'intérêt international accru dans la collaboration scientifique et technologique pour devenir le centre d'une nouvelle industrie des technologies des climats froids axée sur les besoins des consommateurs canadiens, sur la résolution des problèmes environnementaux de la planète et sur les exigences territoriales et stratégiques du Canada. Conscient de la nécessité de profiter sans tarder des débouchés offerts, le Conseil des sciences du Canada a créé un Comité des sciences et des technologies polaires en décembre 1988 dans le but de déterminer les points forts et les besoins du Canada en matière de technologies des climats froids et de recommander des moyens de favoriser l'essor d'un secteur industriel émergent.

Le comité a effectué une vaste consultation par le biais d'entrevues, de demandes écrites et d'un atelier national, qui a eu lieu à Edmonton en juillet 1989. Son étude a porté sur les politiques nécessaires à l'exploitation des sciences et des technologies polaires au Canada pour répondre aux besoins pressants de la planète. Le comité s'est expressément limité à cette question et s'est fixé un délai serré, car les questions à long terme concernant le rôle des sciences et de la technologie dans l'autodéveloppement des collectivités du Nord canadien font l'objet d'un autre projet du Conseil des sciences.

Le Canada appartient au monde circumpolaire. Soixante-quinze pour cent du territoire canadien s'étend dans le cercle arctique ou subarctique ; la frontière septentrionale du Canada forme la bordure océanique la plus longue au monde. Le présent rapport fait donc valoir la nécessité d'accepter le défi et de reconnaître l'occasion et la responsabilité spéciales qu'offre notre géographie. Il soutient que les Canadiens peuvent utiliser les sciences et les technologies pour répondre aux besoins nationaux et pour servir les intérêts de la planète. Des recommandations précises sont faites en ce sens. Mais la mise en œuvre de ces recommandations n'est qu'un premier pas : le succès repose sur notre volonté de miser sur nos avantages et de jouer un rôle de chef de file international.

Gerald S.H. Lock
Président
Comité des sciences et des technologies polaires

Les possibilités

De la nécessité nait l'invention, et la créativité qui est à l'origine des grands succès internationaux a plus souvent été éveillée par la pénurie que par l'abondance[1]. En accord avec ce précepte, les membres du Comité des sciences et des technologies polaires du Conseil des sciences du Canada croient que l'industrie canadienne aurait avantage à exploiter les technologies des climats froids sur les marchés mondiaux. Les sciences et les technologies polaires pourraient en même temps aider le Canada à trouver des solutions aux problèmes environnementaux, à réaliser ses aspirations économiques et sociales et à affirmer sa souveraineté dans le Nord.

La technologie a joué un rôle essentiel dans le développement du Nord au cours des 50 dernières années : pensons seulement au rôle joué par les avions, les bateaux à moteur, les radars, les maisons préfabriquées, la tuyauterie isolée, les lignes de haute tension, le béton cellulaire, les fenêtres isolées, les hélicoptères, les communications par satellite, la photographie aérienne et les motoneiges. Chaque innovation a accru l'efficacité, abaissé les coûts de production, augmenté la valeur des ressources septentrionales et, par là, incité à la mise en valeur du Nord[2].

C'est au cours de la Seconde guerre mondiale que l'on a vraiment commencé à appliquer les technologies du sud aux régions arctiques. Pour répondre à des besoins d'ordre stratégique, des routes, des terrains d'aviation, des bâtiments et des systèmes de communication y ont en effet été mis en place et, la guerre terminée, le boom de la demande mondiale en matières premières a fait reculer encore la frontière industrielle septentrionale. Que ce soit dans les secteurs des minéraux, du pétrole et du gaz, de l'hydro-électricité, de la défense stratégique ou des services publics destinés à répondre aux besoins sociaux, les progrès technologiques ont conditionné la nature, l'orientation et le rythme du développement du Nord.

Depuis les années 60, les méga-projets de l'industrie du pétrole et du gaz sont le moteur du changement. L'augmentation des prix du pétrole a donné lieu à d'énormes investissements dans l'exploration et le développement et s'est traduite par de nombreuses innovations technologiques dans des domaines allant de la technique des radars à antenne synthétique à la robotique. Par ricochet, ces investissements ont favorisé l'innovation dans les secteurs du vêtement, des communications, de la construction, de l'assainissement de l'eau et de l'approvisionnement en eau.

Ces incitations économiques ont été renforcées par des besoins stratégiques. En effet, en 1957, le vol du satellite soviétique *Spoutnik* au-dessus de l'Arctique a ravivé l'intérêt pour la recherche arctique. L'année suivante, le sous-marin nucléaire américain *Nautilus* faisait sa première traversée de l'Arctique sous la glace. En 1958 également, la première Conférence sur le droit de la mer

Le Nord canadien ne représente qu'une petite partie du marché mondial des technologies des climats froids.

W. Lynch/Environnement Canada – Service canadien des parcs

Certaines grandes innovations canadiennes destinées à répondre aux besoins des régions froides

Date	*Innovation*	*Inventeur*
1897	Motoneige : selon les registres, premier véhicule motorisé pour la neige	H-E Casgrain (Québec)
1922	Véhicule tout terrain Bombardier	J.A. Bombardier (Bombardier Inc., Valcourt)
1941	Dégivreur d'hélice d'avions	J. Orr et T.R. Griffith (Conseil national de recherches du Canada, Ottawa)
1954	Véhicule tout terrain pour les marécages et la toundra	W.B. Nodwell (Bruce Nodwell Ltd., Calgary)
1970	Tuyau de polyéthylène à haute densité isolé à l'usine (pour la collecte des eaux d'égout et la distribution de l'eau)	A.D. Whyman, E.T. O'Brien, A. Fiala (Du Pont of Canada Ltd., Mississauga)
1974	Système transportable et autonome d'épuration des eaux usées	K. Heuchert et J. Robinson (Petwa Canada Ltd., Calgary)
1983	Radar à antenne synthétique : fournit des images de haute définition des glaces et permet d'effectuer des levés aériens la nuit et à travers les nuages	R. Lowry et K. Raney (Canpolar Inc., Toronto)
1984	Tambour de pression glaciaire : mesure les forces créées lorsqu'une grosse masse de glace frappe une plateforme pétrolière ou une autre structure	R. Hudson (Polar Tech Ltd., Sidney, C.-B.)
1985	Île de glace pulvérisée : île artificielle utilisée pour l'exploration pétrolière	D. Masterson (EBA Engineering and GEOTECHnical resources ltd., Edmonton et Calgary)
1986	Système d'évacuation dans l'Arctique : embarcation de sauvetage amphibie, à chenilles et à redressement automatique	B.H.J.W. Seligman (Watercraft Offshore Canada Ltd., Vancouver)
1986	Paveuse nivale : bâtit des pavés de neige à haute résistance pour routes et pistes d'avion	K.M. Adam (I.D. Systems Ltd., Winnipeg)
1989	Induction électro-magnétique : mesure l'épaisseur de la glace	J. Rossiter (Canpolar Inc., Toronto)
1989	Instrument pour détecter les déversements d'hydrocarbures dans la glace ou sous la glace	H. Jones (Technical University of Nova Scotia, Halifax)

reconnaissait le droit des nations d'exploiter les ressources de leur plateau continental. Le Canada revendiqua alors ses droits sur les ressources de son plateau continental arctique et créa l'Étude du plateau continental polaire afin de promouvoir la science et d'affirmer sa souveraineté dans l'Arctique. Jusqu'alors, les Canadiens s'étaient fiés aux cartes établies à l'étranger pour obtenir des informations sur la zone littorale arctique[3].

L'Étude du plateau continental polaire ne fait plus de recherches scientifiques, mais fournit toujours une infrastructure complète de transports et de communications à un nombre croissant de chercheurs gouvernementaux, d'universitaires et d'organismes nationaux et internationaux. En 1987-1988 seulement, l'organisme a aidé plus de 1 000 scientifiques dans tout l'Arctique canadien. Au cours de la dernière décennie, les demandes de soutien se sont accrues de plus de 100 %; on prévoit qu'elles augmenteront de 30 % au cours des trois prochaines années. Les projets portent sur des disciplines allant de l'archéologie à la zoologie.

Aujourd'hui, un nouveau projet de pipeline pour transporter le gaz naturel vers les marchés américains par la vallée du Mackenzie est à l'étude. Quoi qu'il advienne, il est évident qu'on continuera à faire des recherches dans le Nord en vue de découvrir de nouvelles réserves énergétiques, que des pétroliers brise-glaces viendront y améliorer les transports et que de nouveaux pipelines y seront installés. Il est également probable que de nouveaux parcs fédéraux y seront créés, que le réseau de radars et les autres systèmes de défense y seront rénovés, que des pressions continueront de s'exercer sur l'environnement et que la demande d'emplois augmentera. Pour faire face à ces changements et évaluer leur impact sur l'environnement et les habitants de la région, il faudra développer de nouvelles connaissances scientifiques et de nouvelles technologies.

C'est pourquoi il est paradoxal que, malgré la reconnaissance générale de la valeur de la recherche scientifique effectuée dans le Nord, l'on porte si peu d'attention au rôle de la technologie pour répondre aux besoins des régions froides. Au Canada, les technologies adaptées aux régions froides ont évolué dans un vide politique, ce qui a nui à leur développement et prive finalement l'ensemble des Canadiens.

Le potentiel économique et social

Il existe un grand marché potentiel pour les technologies des climats froids du Canada. Bien exploité, ce marché pourrait permettre aux entreprises en place de renforcer leur position et favoriser la création de nouvelles entreprises. Mais la conjoncture actuelle nuit à l'expansion industrielle. Peu d'entreprises capables d'exploiter des technologies des climats froids peuvent survivre en ayant le Nord canadien comme seul marché ou même comme marché principal. La population totale des territoires septentrionaux n'est en effet que de 75 000 personnes, soit moins de 1 % de la population du nord circumpolaire dans son ensemble, que l'on estime à 8 millions d'habitants[4]. Bien que le revenu moyen, qui est de 18 500 $, y soit un peu supérieur à celui du Canada dans son ensemble[5], le taux de chômage élevé et le faible revenu moyen de la population autochtone diminuent d'autant la demande réelle. La faible demande qui existe dans le Nord ressort encore davantage lorsque l'on considère le produit national brut (PNB) combiné des territoires septentrionaux, qui dépasse à peine 2 milliards de dollars par année, ce

L'embarcation utilitaire ARKTOS Beta de la Garde côtière canadienne peut se déplacer de façon continue entre la terre, la glace et l'eau.

Watercraft Offshore Canada Ltd.

Les deux pôles

Froids et noirs en hiver, avec de longues heures d'ensoleillement en été, et couverts de glace et de neige, l'Arctique et l'Antarctique présentent un contexte commun pour beaucoup de questions scientifiques et technologiques. Pourtant, les conditions météorologiques, biologiques et géographiques des deux régions sont très différentes.

- La région polaire du sud est un continent recouvert de glace et entouré par l'océan; la région polaire du nord est un océan recouvert de glace et entouré de continents[1].
- La couverture de glace de l'Arctique est en grande partie assez plate et basse. Par contre, l'Antarctique est un continent enseveli sous un dôme massif de glace de plus de 4 000 mètres d'épaisseur[2].
- Les températures moyennes en été et en hiver au-dessus de l'Antarctique sont assez stables. Sur une carte, elles forment une série d'isothermes concentriques centrées à l'est du pôle et s'étendant au-delà du 60° degré de latitude S. Dans l'Arctique, par contre, les différences régionales sont apparentes et sont liées étroitement à l'alternance des masses de terre et d'eau qui entourent l'océan Arctique[3].
- Huit nations se partagent le nord circumpolaire. Soixante-quinze pour cent des huit millions d'habitants qui vivent dans la région sont des citoyens soviétiques[4]. Par contre, il n'y a aucun résident permanent dans l'Antarctique, mais 22 nations participent à des recherches dans la région[5].
- Essentiellement une mer gelée, l'Arctique comprend aussi une bande de terre de 7,6 millions km², dont 5,5 millions km² sont couverts de toundra et le reste de glace. Dans l'Antarctique, moins de 3 pour cent (soit environ 400 000 km²) des 14 millions km² de surface terrestre sont libres de neige et de glace permanentes[6].
- La vie végétale et animale est beaucoup plus riche dans le grand nord qu'à des latitudes comparables au sud. Par exemple, on peut trouver plus de 100 espèces de plantes à graines au point terrestre le plus au nord du Groenland, soit à 84° de latitude N, mais seulement deux espèces du genre au sud du 56° de lattitude S[7].
- Dans l'Antarctique, il n'y a pas de nourriture terrestre et par conséquent pas de mammifères terrestres; il n'y a que des oiseaux de mer se nourrissant des produits de la mer, de déchets ou d'autres colonies d'oiseaux marins. Dans l'Arctique, on trouve neuf espèces de mammifères terrestres et 183 espèces d'oiseaux reproducteurs. Vingt espèces d'oiseaux se reproduisent dans l'Antarctique[8].
- Il n'y a que 11 espèces d'insectes dans l'Antarctique. Il n'y a ni guêpes, ni coléoptères, ni papillons, pas plus qu'il n'y a de vers, de mollusques ou d'araignées — espèces qui sont importantes pour l'écosystème de l'Arctique[9].

qui n'est guère plus que celui de l'Île-du-Prince-Édouard (1,6 milliard) et représente moins du centième de celui de l'Ontario[6].

Beaucoup d'entreprises ne sont en concurrence sur les marchés septentrionaux que pour compenser un manque à gagner lorsque la demande est faible dans le sud, et seulement une faible proportion de la gamme de biens et de services qu'elles vendent est conçue spécifiquement pour les régions froides. Certaines sociétés, comme Canadian Foremost de Calgary et CMS Rotordisk de Toronto, produisent des biens conçus pour des milieux hostiles et vendent leurs produits dans les régions au climat extrêmement chaud ou froid. D'autres sociétés, telles que Lavalin de Montréal et Watercraft Offshore Canada de Vancouver, visent les marchés mondiaux.

Les mégaprojets influent sur le niveau de la demande en technologies des climats froids à court et à moyen termes. Par exemple, le développement hydro-électrique de la baie James a injecté environ 15 milliards de dollars dans l'économie du Nord québécois[7]; le projet de gazoduc de la vallée du Mackenzie pourrait apporter 10,9 milliards de dollars[8]. Mais pour stabiliser la demande et augmenter les niveaux de la demande à long terme pour leurs produits et services, les sociétés canadiennes doivent pénétrer une proportion plus importante des marchés étrangers.

Il n'existe aucune donnée précise sur l'ampleur du marché international des technologies des climats froids car le budget-type de beaucoup de pays est inconnu. Pourtant, quelques exemples suffisent pour donner un aperçu alléchant de l'énorme potentiel que présentent les marchés internationaux pour l'industrie canadienne. Au seuil même de notre porte, l'Alaska, avec sa population de 539 000 habitants et son PNB dix fois supérieur à celui des Territoires du Nord-Ouest, constitue un exemple particulièrement frappant[9]. Dans l'Antarctique, on dépense chaque année 500 millions de dollars en biens de consommation et en services[10]. D'après les estimations établies par le gouvernement de l'Alberta, il semble que plus de 50 % de ce marché pourrait être desservi par des sociétés canadiennes[11]. Canadian Foremost, Lavalin et Tower Arctic sont des exemples notables de compagnies canadiennes qui ont réussi à obtenir des commandes de plusieurs millions de dollars dans l'Arctique et l'Antarctique.

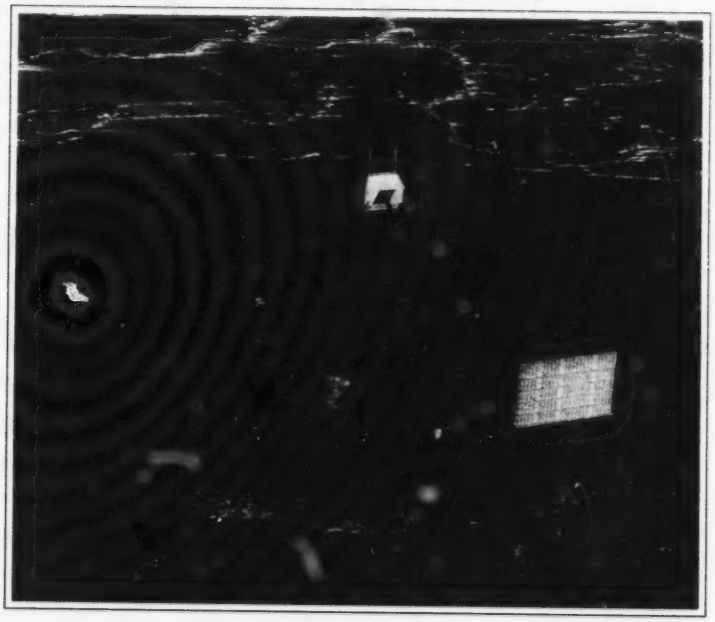
La demande en technologies des climats froids est sur le point d'augmenter. Le taux de croissance démographique des territoires septentrionaux, qui est le double de la moyenne nationale, les forts taux de chômage, le faible niveau d'éducation, le coût élevé de l'énergie et la mauvaise qualité des services publics de base, notamment l'épuration des eaux d'égout et l'approvisionnement en eau, font ressortir la nécessité d'une nouvelle ère de croissance et de revitalisation. À l'échelle internationale, l'intérêt pour les régions froides s'est grandement accru au cours des dernières années, et cela pour plusieurs raisons, dont le potentiel économique, l'environnement, la défense et la lutte pour le contrôle du territoire. Désireuse d'accroître la population de la Sibérie, l'Union soviétique tente d'en stimuler le développement économique au moyen de projets conjoints et d'investissements étrangers directs. La Chine s'intéresse de plus en plus à l'exploration de ses ressources septentrionales. Dans l'Antarctique, la rivalité entre les nations pour l'évaluation du potentiel que présentent les ressources minérales s'est grandement accrue. Ce regain d'intérêt pour les régions froides du globe se reflète dans la récente série d'accords canadiens conclus avec la France, l'Allemagne de l'Ouest, le Japon, la Norvège, le Royaume-Uni et l'Union soviétique, accords qui prévoient la collaboration en matière scientifique et technologique dans le Nord. D'autres ententes de coopération portant sur l'échange d'information scientifique et technologique dans le Nord ont été conclues entre le Canada, l'Australie et la Nouvelle-Zélande[12].

Pour actualiser le potentiel économique et social des régions froides du globe, tout en préservant l'environnement, il faudra mettre au point bien des technologies nouvelles. Le Canada a à son acquis une foule de réalisations dans les technologies adaptées aux régions froides. Dans des domaines tels que les transports et les communications, le génie des océans froids[13], le bâtiment et la télédétection, les Canadiens occupent une position de chef de file.

Malgré les succès obtenus dans ces domaines, le Canada n'a aucune industrie des climats froids clairement définie. Comme nous l'avons déjà mentionné, beaucoup d'entreprises produisent toute une gamme de biens et de services, dont seulement une partie fait appel à des technologies spécifiquement conçues pour les régions froides ; par ailleurs, de nombreuses entreprises desservent une vaste région géographique mais offrent des technologies spécialement adaptées à l'hiver pour les régions à climat froid[14]. Les entreprises exploitant des technologies destinées aux climats froids ont ceci de commun qu'elles mettent au point et utilisent des technologies visant à surmonter les problèmes particuliers de l'isolement et de températures extrêmement froides.

Faute de définition claire, les évaluations du nombre d'entreprises en jeu varient considérablement. Une enquête effectuée récemment en Alberta a permis de recenser dans cette seule province plus de 500 sociétés qui s'intéressent aux technologies adaptées aux climats froids[15]. Une estimation plus prudente établit à environ 150 le nombre total de ces sociétés au Canada[16], réparties dans les secteurs du vêtement et de la chaussure, du génie des glaces, de la gestion de l'environnement, des communications et du transport et englobant une vaste gamme de compétences uniques associées aux régions froides. Il n'y a cependant pas de doute qu'un grand nombre d'entreprises canadiennes produisant des technologies des climats froids ont bonne réputation à l'échelle internationale (réputation renforcée par l'image de pays responsable qu'a le Canada en matière de développement) et qu'à court terme, dans de nombreux secteurs techniques, ces entreprises n'ont guère de concurrence. Et

Vaisseau mobile conçu pour effectuer des opérations de forage pétrolier à longueur d'année dans les eaux de l'Arctique.



Ranson Photographers Ltd., reproduction autorisée par Gulf Canada Resources

il va sans dire qu'il faut sans tarder tirer profit de ces avantages pour se tailler une meilleure place sur les marchés mondiaux.

L'environnement et ses impératifs

Le Nord est aujourd'hui défiguré par les conséquences imprévues ou incontrôlées des technologies qui y ont été transférées sans tenir compte des problèmes particuliers posés par le froid. Dans les médias, les nouvelles au sujet des grands désastres sont largement diffusées. L'économie des pêches de la baie James a été détruite suite à la construction du barrage, et la dérivation du Churchill dans le lac Southern Indian a entraîné une augmentation imprévue de l'érosion des rivages, de la sédimentation, de la turbidité des eaux et de la disponibilité du phosphore, la chute de la température des eaux, l'effondrement des pêcheries commerciales et la destruction de l'économie autochtone[17]. Plus récemment, l'incapacité de prévenir ou de contenir un déversement d'hydrocarbures sur la côte de l'Alaska s'est traduite par un désastre écologique sans précédent. Pourtant, un grand nombre de problèmes environnementaux, moins spectaculaires, mais plus fréquents, sont tout aussi néfastes. Partout dans le Nord, les débris d'emballages de plastique, les couches sales ou le matériel désuet ou abandonné qui jonchent le sol, les problèmes posés par l'élimination des ordures ménagères et l'épuration des eaux usées, l'affaissement des bâtiments et le gel permanent de canalisations d'approvisionnement en eau témoignent de la nécessité d'améliorer nos connaissances scientifiques et de mettre au point de nouvelles technologies en vue d'assurer un développement plus harmonieux.

La réduction des coûts excessifs et l'élimination des risques environnementaux inacceptables associés au développement du Nord présentent un défi technologique majeur. Mais la conception et l'application de technologies qui nous permettent de mieux comprendre dans quelle mesure les régions polaires influent sur l'environnement global posent peut-être un défi encore plus grand.

L'Arctique et l'Antarctique jouent un rôle essentiel dans la détermination du climat de la planète. Tout changement dans l'atmosphère polaire, la glace de mer et la couche de pergélisol sert d'« alerte avancée » aux changements climatiques qui peuvent survenir ailleurs. Les régions polaires sont également les archivistes de l'histoire mondiale, car elles gardent dans leurs champs de glace permanents l'empreinte des conditions environnementales qui ont régné dans le passé[18].

La tendance au réchauffement de la planète pourrait avoir d'importantes répercussions sur la viabilité des activités économiques du Nord. L'un des scénarios envisagés prévoit une augmentation de 1,5 à 4,5 °C de la température moyenne de la surface du globe autour des années 2020. Dans les régions polaires, les températures hivernales devraient connaître une augmentation moyenne de 2 à 2,4 fois supérieure aux augmentations moyennes mondiales. Ces phénomènes pourraient entrainer des changements importants dans la superficie et l'épaisseur de la glace de mer, dans la masse terre-glace et dans le régime du pergélisol. Des ajustements graduels de la végétation et de la faune s'ensuivraient, qui influeraient à leur tour sur le développement pétrolier et gazier, sur les pêches, sur la construction, sur le transport et sur l'agriculture.

Ces prévisions de réchauffement de la planète suscitent beaucoup d'intérêt pour les régions polaires à l'échelle internationale. Le Canada ne fait pas encore partie du Comité scientifique pour les recherches antarctiques, mais, en 1988, il signait enfin le Traité sur l'Antarctique qui porte sur la gestion du continent antarctique. Le Canada est également signataire d'un certain nombre d'ententes multilatérales et bilatérales sur les sciences arctiques et participe à divers organisations et programmes scientifiques internationaux. Plus récemment, il a joué un rôle important dans la négociation de la formation du International Arctic Science Committee.

Ce regain d'intérêt international entrainera inévitablement une augmentation des études scientifiques. Il est particulièrement urgent de mieux comprendre des phénomènes complexes tels que l'interdépendance entre les conditions physiques, chimiques et biologiques régnant dans l'Arctique et ailleurs dans le monde, le fonctionnement des écosystèmes arctiques, la dynamique des glaces, la chimie de la troposphère et la physique de l'espace circumterrestre, ce qui nécessitera la mise au point d'une vaste gamme de nouveaux équipements et de nouvelles solutions techniques.

L'importance stratégique

Le nord circumpolaire recouvre 10 % de la surface du globe et n'abrite que 0,1 % de la population mondiale. Mais sa situation lui donne une importance qui dépasse largement celle de sa taille ou de sa population. Dominée par l'Union soviétique, où l'on retrouve les trois quarts de la population arctique, la région est répartie entre huit nations. Elle forme un noyau presque équidistant du cœur industriel de l'Amérique du Nord, de l'Europe de l'Ouest, de l'Union soviétique et du Japon, et constitue un maillon d'une importance capitale du point de vue militaire.

Beaucoup plus qu'un simple désert de glace que peuvent survoler les missiles en temps de guerre, l'Arctique se situe de plus en plus au centre des discussions portant sur la défense et le développement entre les superpuissances[19]. Certaines parties de l'Arctique connaissent une industrialisation passablement rapide. Devant l'intérêt international accru suscité par l'Arctique, il importe que le Canada y assure sa souveraineté.

Les préoccupations du Canada au sujet de ses droits territoriaux dans le Nord remontent aux années 1930[20]. Elles ont refait surface récemment, en 1985, lorsque le *Polar Sea*, brise-glace de la garde côtière américaine, a traversé le passage du nord-ouest au su du gouvernement canadien, mais sans son autorisation.

Comme nous l'avons déjà mentionné, le mandat de l'Étude du plateau continental polaire comporte expressément la promotion de la recherche scientifique et l'affirmation de la souveraineté du Canada. Mais la reconnaissance internationale ne sera assurée que lorsque le Canada sera capable d'étendre cette recherche scientifique au développement et à l'application de technologies qui lui permettront de surveiller et de protéger ses frontières septentrionales. Deux engagements fédéraux ont récemment été reportés ou abandonnés, à savoir l'achat d'une petite flotte de sous-marins nucléaires pouvant effectuer des patrouilles sous la glace de l'Arctique et la construction de huit brise-glaces de classe polaire. Sans sous-marins nucléaires et sans brise-glaces, le Canada doit élaborer de nouvelles solutions techniques pour assurer la surveillance dans ses régions polaires.

Les contraintes

Certaines des contraintes qui font obstacle à l'application des technologies adaptées aux climats froids sont communes à d'autres secteurs économiques, mais d'autres sont particulières à ce secteur technologique.

L'étroitesse et l'instabilité du marché canadien

La petitesse et la dispersion du marché de consommation, ainsi que la nature cyclique de la demande liée aux cycles de forte expansion et de récession des industries du secteur primaire, sont souvent considérées comme les plus grands obstacles à la vente de produits et de services dans le Nord.

Il y a un habitant par 100 kilomètres carrés dans les territoires septentrionaux du Canada. La plupart des résidents vivent dans des collectivités de moins de 400 habitants[21]. À cause de l'étendue du territoire — quatre millions de kilomètres carrés — l'approvisionnement en biens et services doit se faire à partir d'Edmonton, de Winnipeg et de Montréal, et les chances que peut avoir un centre quelconque de devenir le foyer d'une industrie de la technologie des climats froids sont pour le moins limitées.

Au cours des 20 dernières années, l'exploitation minière et l'extraction du pétrole et du gaz ont été les principaux moteurs du développement économique du Nord. Mais les investissements, tout comme les prix de l'énergie, ont fluctué. Les dépenses gouvernementales en R-D ont tendance en général à accentuer plutôt qu'à atténuer ces fluctuations sur le marché. Le fléchissement des investissements s'accompagne d'une réduction des dépenses industrielles dans la recherche et d'un ralentissement du développement technologique. Ces réductions de dépenses influent aussi directement sur la demande industrielle en biens et services et, en diminuant les occasions d'emploi dans le Nord, font baisser encore davantage les dépenses à la consommation.

La difficulté d'entretenir des banques de données et de garder le personnel qualifié

Le manque de personnel qualifié, le fort taux de roulement des effectifs et l'absence d'une source d'information exhaustive et accessible sur les techniques et les technologies adaptées aux climats froids sont à l'origine de divers problèmes faisant que les bâtiments ne supportent pas des températures extrêmes. Ces problèmes sont tellement courants que les meilleurs clients de certaines firmes d'ingénieurs-conseils basées dans le Nord sont les compagnies d'assurance qui font

Le gel et le pergélisol peuvent causer des dommages considérables aux fondations des pylônes.

Hydro Manitoba

Le coût de l'ignorance

L'absence de technologies appropriées, la négligence face aux besoins technologiques précis du milieu nordique et la mauvaise application des technologies adaptées aux régions froides existantes peuvent engendrer des coûts énormes.

- Terminées en 1970, les lignes de transport d'énergie Radisson-Dorsey de ™ 500 KVDC transportent plus de 70 pour cent du courant d'Hydro Manitoba. Les lignes s'étendent sur une distance de 900 kilomètres vers le sud depuis la région du fleuve Saskatchewan-Nelson jusqu'à Winnipeg. En 1974, à cause des effets du gel et du pergélisol, les fondations des pylônes ont dû être réparées au coût de 2 millions de dollars (1974). Les coupures de courant sur ces lignes ont entrainé un coût supplémentaire de 20 000 $ l'heure et ont eu des conséquences économiques et sociales énormes, quoiqu'incalculables, sur les entreprises et les particuliers[1].
- À la fin des années 1970 et au début des années 1980, des canalisations ont été posées pour transporter l'eau de réservoirs locaux pour desservir les populations de Pond Inlet et Broughton Island. On épargnerait ainsi sur le coût du transport par camion et on n'aurait pas à garder les routes ouvertes entre les collectivités et leurs réservoirs. Cependant, la perte de chaleur des conduites n'avait pas été calculée correctement, et celles-ci ont gelé en l'espace d'un mois après leur installation. Elles sont toujours gelées. Chacune des deux canalisations gelées avait coûté 1 million de dollars[2].

Des exemples moins spectaculaires des coûts entrainés par des problèmes technologiques — soit le manque d'équipement ou de connaissance, ou la pénurie de personnel formé — sont fréquents et répandus dans tout l'Arctique. Le coût élevé de la main-d'oeuvre et des matériaux dans la région s'ajoute aux problèmes pratiques occasionnés pour les personnes et les collectivités en cause. Les assurances coûtent très chères et les compagnies d'assurance sont de plus en plus réticentes à donner les garanties nécessaires. Voici trois exemples illustrant un grand problème régional.

- En 1985, suite à l'installation inadéquate de pieux de bois pour un immeuble de Fort Franklin, il a fallu exercer un contrôle mensuel pendant une période de deux ans à un coût s'élevant à près de 120 000 $ avant que l'immeuble n'ait pu être jugé sûr[3].
- À Baker Lake, comme dans bien d'autres municipalités du Nord, les immeubles ont été orientés sans tenir compte de la direction dominante du vent. La neige s'accumule donc dans les fenêtres et les portes, ce qui exige un déneigement manuel constant[4].
- Le gel d'un remblayage compact autour de la fondation d'une école de Fort McPherson au milieu des années 1980 a fait lever l'immeuble et nécessité des réparations coûteuses[5].

l'évaluation des demandes de règlement. Pour les entreprises intéressées à répondre aux besoins nationaux et à prendre de l'expansion à l'étranger, il est d'une importance cruciale d'avoir facilement accès à l'information technologique et de disposer d'un personnel capable d'évaluer les applications et d'installer et d'entretenir le matériel.

Malgré les avantages financiers offerts, le personnel qualifié est difficile à recruter et encore plus difficile à garder sur place. Ce problème est particulièrement prononcé lorsque les économies du sud sont fortes. La plupart des postes professionnels et techniques sont ainsi occupés à court terme par des résidents du sud du Canada.

La plupart des programmes de formation offerts au Canada n'ont aucun contenu nordique. Par exemple, sur un total de 36 universités, quatre seulement offrent des cours en génie nordique[22], et rien n'indique que les personnes qui finissent par travailler dans le Nord ont suivi ce genre de cours. Par nécessité, la plupart du personnel est formé sur le tas. Mais le taux de roulement est généralement de deux ou trois ans : dès que la personne est suffisamment formée, elle quitte souvent son emploi.

Les connaissances au sujet des technologies et des techniques des climats froids et les informations générales au sujet des régions froides sont disséminées parmi les divers ministères et organismes fédéraux et provinciaux, les universités et les entreprises privées. Une grande partie des connaissances utiles dort dans des rapports techniques inédits. Pendant les périodes de fléchissement du marché, les coupures effectuées dans les sections techniques et la fermeture des divisions de R-D privent l'industrie (et le Canada) non seulement de spécialistes, mais également d'une base de connaissances exhaustives qui restent inédites. Ce fut certainement le cas pour les compagnies pétrolières et gazières de Calgary dans les années 80.

Des tentatives de conservation des documents inédits ont été faites. L'Institut arctique de l'Amérique du Nord et le Boreal Institute militent en faveur de la création d'un système national d'information polaire. Le Arctic Science and Technology Information System, basé au Arctic Institute de Calgary, est un premier pas dans cette direction. Grâce à l'appui des industries de la région de Calgary, certains documents sont aujourd'hui sur fichier.

Il existe des précis d'information technique dans certains domaines, par exemple : le *Cold Climate Utilities Manual* (une étude conjointe menée par Environnement Canada et le ministère des Travaux publics des Territoires du Nord-Ouest)[23] et *The North File : Northern and Remote Technology in Housing* (le produit vedette du comité Northern and Remote Technology in Housing (NORTH) de la Société canadienne d'hypothèques et de logement)[24]. D'autres précis sont en cours d'élaboration, notamment une série de trois volumes de l'Organisation mondiale de la santé.

La pénurie d'infrastructure et d'installations de recherche

En 1984, suite à des coupures budgétaires, le Conseil national de recherches a abandonné un projet de centre de recherche sur les climats froids. Ce centre de recherche, qui devait être financé conjointement par le gouvernement fédéral, les gouvernements provinciaux et l'industrie, devait permettre de consolider les connaissances acquises et d'effectuer des études sur les problèmes posés par les activités menées dans les régions froides du Canada[25]. Toutefois, depuis lors, le Centre for Cold Ocean Resources Engineering (C-CORE) de l'Université Memorial et le Centre for Frontier Engineering Research (C-FER) de l'Université de l'Alberta, deux établissements scientifiques dirigés par l'industrie, sont en train de s'affirmer comme chefs de file en matière de recherche, de développement et de conception de technologies des climats froids. En outre, six universités canadiennes possèdent des centres de recherche spécialisés ou des installations de recherche sur le terrain dans le Nord[26]. Par ailleurs, quelques entreprises du Nord et sociétés de développement autochtones ont mis sur pied leurs propres programmes de recherche : la Société Makivik, au Québec, et l'Arctic Research Establishment, dans les Territoires du Nord-Ouest, en sont deux exemples notables[27].

La qualité de la recherche et du génie des climats froids au Canada n'en est pas pour autant assurée. La réputation internationale du Canada en génie géotechnique demeure précaire et les niveaux de financement ont diminué dans l'ensemble. Par exemple, le financement assuré par le gouvernement fédéral par l'intermédiaire du Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GRDE) a chuté d'un sommet de 168 000 $ en 1984-1985 au niveau actuel de 90 000 $[28]. La recherche universitaire connait également des problèmes de financement. Le laboratoire de recherche subarctique de l'Université McGill, à Schefferville, qui dispose d'une banque de données climatiques et environnementales unique couvrant une période de 35 ans — ressource qui, normalement, devrait susciter un fort intérêt compte tenu des changements environnementaux anticipés — risque de devoir fermer faute de garanties de financement à long terme. Même s'il possède plus de gélisol que tous les autres pays du monde sauf l'Union soviétique, le Canada ne dispose d'aucun laboratoire de gélisol en milieu contrôlé pour effectuer des expériences à grande échelle[29]. Certains des travaux les plus fondamentaux pour le Canada portant sur les effets du gel sur les pipelines enfouis ont ainsi dû être effectués en France. Faute de navire de recherche capable de se déplacer dans la glace de mer, les recherches sur les océans froids effectuées à partir de Saint-Jean sont limitées. Encore et toujours, le sud n'a pas su apporter de solution satisfaisante aux besoins flagrants du Nord.

L'absence de leadership et d'objectifs nationaux

Au-delà de 20 ministères et organismes fédéraux, plus de 30 universités canadiennes, de nombreuses sociétés et organisations industrielles, plusieurs gouvernements provinciaux et territoriaux, ainsi que des sociétés de développement autochtones et organismes privés du nord et du sud du Canada participent d'une façon ou d'une autre au développement et à l'application des connaissances relatives aux technologies des climats froids[30]. L'expertise est cependant disséminée, et les divers intervenants sont en général insatisfaits de la portée et de l'orientation des sciences et des technologies du Nord.

Le coût du froid et de l'isolement

Le froid et l'isolement augmentent énormément le coût de la vie quotidienne et du développement économique dans les régions polaires. Les améliorations technologiques offrent un moyen de réduire ces coûts.

- À Yellowknife, 5 000 kWh d'électricité coûtent en moyenne 476,63 $; à Whitehorse, 336,30 $; à Toronto, 275,90 $; et à Winnipeg, 189,60 $[1].
- À Cambridge Bay, le chauffage et l'éclairage d'une maison sont presque 9 fois plus coûteux que ceux d'une maison équivalente à Edmonton; à Yellowknife, ils sont 3,8 fois et à Norman Wells, 2,2 fois plus coûteux qu'à Edmonton. Le coût du chauffage d'une maison à Whitehorse est 2,2 fois plus élevé qu'à Vancouver; à Dawson City, il est 3,1 fois plus élevé et à Beaver Creek, 3,4 fois plus élevé qu'à Vancouver[2].
- En avril 1989, le coût moyen de l'épicerie hebdomadaire d'une famille de quatre personnes était de 160,44 $ à Yellowknife; de 158,95 $ à Whitehorse; de 128,35 $ à Toronto; de 125,21 $ à Montréal; et de 117,17 $ à Thunder Bay[3].
- Au Yukon, les études coûtent en moyenne 7 407 $ par étudiant et dans les Territoires du Nord-Ouest, 7 362 $. Par contre, elles coûtent 4 167 $ en Colombie-Britannique, 4 035 $ en Saskatchewan, 4 734 $ en Ontario, et 3 435 $ à l'Île-du-Prince-Édouard[4].
- L'emballage et le transport des biens domestiques du sud jusqu'au nord du Canada font augmenter les prix en moyenne de 20 à 30 pour cent[5].

L'intérêt du secteur privé pour le Nord canadien varie surtout en fonction de la situation du secteur primaire, et l'intérêt du secteur public est à l'avenant. Dans une large mesure, la recherche soutenue à long terme a été négligée pour répondre à des besoins urgents et à court terme. Au Royaume-Uni et en Norvège, les politiques d'exploitation pétrolière et gazière exigent spécifiquement que l'entreprise intéressée s'engage à investir dans la R-D. Au Canada, on n'a pas tenu compte de la nature changeante des besoins scientifiques et technologiques du Nord. On n'a pas d'objectifs scientifiques et technologiques nationaux clairement définis en la matière et il ne semble pas y avoir de leadership national.

Ces faiblesses de la politique nationale sont en contradiction flagrante avec l'intérêt croissant pour la recherche sur les climats froids manifesté par des pays aussi variés que les États-Unis, l'Allemagne de l'Ouest, la Norvège, le Royaume-Uni, la France, le Japon et la Suède[31], intérêt qui se traduit souvent par des efforts parallèles de développement technologique. Beaucoup de pays reconnaissent aussi que les problèmes des régions circumpolaires nécessitent de plus en plus une coopération internationale.

Comme nous l'avons déjà dit, le Canada a signé une série d'accords bilatéraux et multilatéraux qui prévoient la coopération dans les domaines des sciences et des technologies nordiques. Des accords sur l'échange d'informations scientifiques et technologiques sur le Nord ont également été conclus. Le comité spécial des sciences et des technologies des régions froides du Comité interministériel des relations internationales scientifiques et techniques est l'organisme fédéral chargé de coordonner les politiques internationales du Canada en la matière. La Commission polaire envisagée[32] servirait de point central pour la coordination nationale des sciences et des technologies polaires. Car s'il néglige de fixer ses priorités, le Canada risque de tout céder.

L'accès difficile aux marchés étrangers

Malgré quelques succès éclatants obtenus par certaines entreprises, la plupart des sociétés canadiennes qui s'intéressent aux technologies des climats froids ne sont pas en mesure de pénétrer les marchés étrangers, car ce sont de petites ou moyennes entreprises qui ont évolué en fonction des besoins intérieurs ; elles n'ont donc pas le personnel et l'expertise voulus pour commercialiser leurs produits à l'étranger. Il est difficile d'obtenir des renseignements au sujet des marchés étrangers des climats froids. Souvent, les entreprises canadiennes qui ont réussi n'ont pas eu à trouver leurs clients elles-mêmes, les clients étrangers s'étant adressés à elles. Pour vendre à l'étranger, il faut investir beaucoup de temps, d'argent et de personnel sans aucune garantie de succès. Puis, comme le gouvernement ne reconnaît pas l'existence d'un secteur des technologies des climats froids, il n'existe aucune aide gouvernementale à la commercialisation propre à ce type de produits.

Les gouvernements fédéral et provinciaux sont peu habitués à définir les entreprises ou les produits en fonction de

Construction d'une île de glace artificielle, méthode économique de forage exploratoire dans les eaux de l'Arctique en hiver.

Esso Resources Canada Limited

critères géographiques. Une industrie des technologies des climats froids n'existe que dans le contexte des besoins spéciaux liés à l'isolement et aux froids extrêmes. La réticence à accepter une industrie ainsi définie nuit sérieusement à l'élaboration de politiques. Le gouvernement n'est pas non plus nécessairement bien placé pour jouer un rôle en matière de commercialisation. En fait, de nombreuses compagnies canadiennes perçoivent la commercialisation comme la prérogative de l'industrie. Pourtant, le gouvernement de la Norvège a pris l'initiative et a fait valoir la grande expertise des entreprises nationales en matière de sciences et de technologies des climats froids. Le Canada, quant à lui, a publié un catalogue d'équipement militaire pour les régions froides, mais tarde à reconnaitre l'expertise scientifique et le savoir-faire technologique canadien comme un produit valable et commercialisable[33].

* * *

Les obstacles qui freinent la mise au point et l'utilisation des technologies adaptées aux régions froides ne sont pas insurmontables. À long terme, le grand problème confrontant le développement des marchés est peut-être un problème de perception. Il faut d'abord accepter le Nord comme étant une partie intégrante du Canada plutôt que comme une zone marginale pour pouvoir voir les obstacles sous une meilleure perspective. L'industrie doit aussi reconnaitre que le nord du Canada n'est qu'une petite portion du marché mondial. Placés dans un contexte international, les problèmes que connait l'industrie des technologies des climats froids sont minimisés par les possibilités qui s'offrent à elle.

En quête de solutions

Pour pouvoir tirer parti des connaissances et de l'expérience acquises dans le Nord pour pénétrer les marchés mondiaux, il faut que le secteur privé accroisse ses efforts d'autodéveloppement et il faut améliorer les politiques publiques couvrant les grands domaines de la stratégie industrielle et de la recherche scientifique. À long terme, seule la mise en place de stratégies économiques, environnementales et de défense cohérentes permettra d'utiliser à plein les technologies des climats froids pour répondre aux besoins des régions septentrionales du Canada. À l'heure actuelle, aucune politique globale n'existe. Dans l'élaboration des politiques, la technologie a toujours été considérée comme un élément incontrôlable plutôt que comme un moyen rigoureux de promouvoir activement et d'orienter le développement du Nord. Bien que la technologie soit reconnue comme étant importante pour l'économie par tous les paliers de gouvernement et par nos collèges, nos universités et nos industries, le Nord est encore trop souvent considéré par les Canadiens comme un fardeau ou, au mieux, comme une réserve inépuisable de richesses naturelles à exploiter. Cette attitude occulte le potentiel qu'offre le Nord et minimise le rôle de la technologie dans le développement des régions septentrionales.

Recommandations

Il va sans dire qu'à long terme, il sera nécessaire de placer les politiques relatives aux technologies des climats froids dans un contexte plus large, mais comme il est urgent de tirer profit des compétences acquises dans ce domaine pour répondre aux besoins nationaux et internationaux, des mesures doivent être prises sans délai : d'où les recommandations qui suivent. Ces recommandations portent non seulement sur les lacunes actuelles de l'infrastructure et du financement de la recherche, mais aussi sur toute la gamme des problèmes qui freinent l'essor d'un nouveau secteur industriel. Plusieurs recommandations ont pour but de consolider la base de données actuelle des technologies des climats froids comme moyen de déterminer les priorités et les besoins nationaux. L'une d'entre elles demande d'accroître la participation financière du gouvernement à la R-D dans les technologies des climats froids. Une autre a pour but d'améliorer la qualité des produits et d'accroître les efforts de mise en marché. En dépit de son potentiel, l'industrie des technologies des climats froids n'est pas reconnue dans l'ensemble non seulement par les gouvernements et les organismes de commercialisation, mais souvent aussi par les scientifiques et les gens d'affaires les plus directement intéressés. Les deux dernières recommandations visent donc à améliorer les programmes de recherche et de formation. Mises ensemble, ces recommandations constituent un programme bien orienté en vue d'assurer l'essor d'une industrie vigoureuse des technologies des climats froids.

Rassembler, conserver et diffuser les renseignements

Les données sur les sciences et les technologies polaires du Canada sont éparpillées et incomplètes. Si le Canada veut saisir l'occasion qui lui est offerte de miser sur ses acquis et d'adopter une approche stratégique aux technologies des climats froids, il doit améliorer la collecte, la conservation et la diffusion des renseignements. À cette fin :

1. **Le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie devrait créer une Commission des technologies des climats froids chargée de suivre le développement des technologies adaptées aux régions froides, de déterminer les besoins nationaux et de cerner les priorités de R-D dans ce domaine. La moitié des membres de la Commission devrait provenir du secteur privé.**

La Commission servirait de point central pour la collecte, la conservation et la diffusion des renseignements sur les technologies des régions froides. Mais ces tâches ne peuvent attendre la formation de la Commission. À court terme, plusieurs autres mesures doivent être prises.

Par exemple, un nouveau laboratoire pour la recherche terrestre dans le Nord serait nécessaire. La construction de toute nouvelle installation doit s'appuyer sur des besoins bien définis. Actuellement, on ne dispose d'aucun inventaire global des installations de recherche sur les climats froids. Pour corriger cette situation :

2. **Le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie devrait dresser et entretenir un inventaire de toutes les installations de recherche sur les climats froids.**

Les scientifiques canadiens sont souvent invités à participer à des projets de recherche dans l'Arctique canadien que les États-Unis, l'Allemagne de l'Ouest ou quelque autre pays ont entrepris. Par ailleurs, la coopération internationale

accrue en sciences et en technologies polaires accapare des ressources et des compétences canadiennes rares. La collaboration internationale découle d'une sensibilisation accrue à l'importance des régions polaires dans le système environnemental planétaire et, à long terme, elle est à l'avantage de tous les Canadiens. Toutefois, faute d'avoir clairement défini ses objectifs et de connaître ses compétences, le Canada laisse aux autres pays le soin de fixer ses priorités en R-D. Bien que cela soit favorable à la conclusion d'ententes bilatérales en sciences et en technologies polaires, le Canada risque de perdre son propre avantage concurrentiel. Il doit donc se doter d'un inventaire global des activités de R-D dans le domaine des climats froids. Sans cet inventaire, l'industrie ne peut pas utiliser facilement les résultats des recherches canadiennes, on ne peut cerner les domaines de compétence nationale et il est difficile d'établir les priorités nationales de R-D en sciences et en technologies polaires. Pour régler ces problèmes :

3. **Le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie devrait mettre sur pied un programme permanent qui permettrait de suivre l'évolution des travaux de R-D et d'établir les priorités nationales de R-D dans le domaine des climats froids.**

Les résultats de la recherche sur le Nord et sur les technologies des climats froids sont souvent difficiles à obtenir. Que la recherche ait été réalisée par les gouvernements, par les entreprises ou par les universités, beaucoup de documents valables ne sont jamais publiés. À cause du roulement de personnel et de la perte de personnel de R-D en période de restriction économique, surtout dans le secteur privé, il faut souvent « réinventer la roue », à des coûts élevés lorsque l'activité finit par reprendre. Le manque à gagner et le coût social qu'il en résulte sont élevés car les erreurs sont répétées. L'Institut arctique de l'Amérique du Nord et le Boreal Institute for Northern Studies, grâce à l'appui généreux de l'industrie pétrolière et gazière, ont déjà investi 2 millions de dollars dans le développement du Canadian Polar Information System. Toutefois, les frais imposés sur les produits et les services ne permettront sans doute pas de récupérer plus de 25 pour cent du total des dépenses annuelles du système. Comme le besoin d'appuyer financièrement un système d'information polaire intégré est urgent :

4. **Le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie, de concert avec le ministère des Affaires indiennes et du Nord, devrait fournir l'aide financière nécessaire pour assurer la mise sur pied et l'entretien d'un système d'information polaire intégré destiné à répondre aux besoins des secteurs public et privé.**

Il est aussi primordial de diffuser un plus grand nombre de renseignements si le Canada veut profiter des débouchés commerciaux offerts par les technologies des climats froids. Le gouvernement de l'Alberta a dressé une liste provinciale des entreprises de ces secteurs. Parallèlement, la Cold Climate Technology Association of Canada a commencé à établir un inventaire national des entreprises, des ministères gouvernementaux et des autres organismes oeuvrant dans le domaine des technologies des climats froids. Pour aider tous les intervenants du secteur à mieux coordonner et à mieux gérer leurs activités et pour promouvoir les technologies des climats froids canadiennes à l'étranger :

5. **Le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie devrait travailler de concert avec l'Office des normes générales du Canada à l'établissement d'un inventaire complet des entreprises, des instituts et des autres organismes qui offrent des produits ou des services commercialisables pour les climats froids.**

De plus :

6. **Le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie, de concert avec Investissement Canada et le ministère des Affaires extérieures, devrait préparer une brochure ou une trousse d'information destinée à intéresser les acheteurs étrangers aux technologies des climats froids canadiennes.**

Cette brochure ou trousse devrait être distribuée aux commissions commerciales et aux autres organismes fédéraux et provinciaux de façon à promouvoir les technologies des climats froids canadiennes. Elle pourrait s'inspirer d'une brochure semblable intitulée *Norway Exports: Polar Equipment, Technology and Services*, publiée par le Conseil des exportations de la Norvège en collaboration avec l'Institut norvégien de la recherche polaire.

L'investissement gouvernemental en R-D

Trois programmes fédéraux accordent un financement destiné précisément à la recherche et au développement dans le domaine des technologies des climats froids : le Programme d'initiatives pétrolières et gazières dans le Nord (PIPGN) du ministère des Affaires indiennes et du Nord ; le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GRDE) du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ; et le Fonds pour l'étude de l'environnement (FEE), géré par l'Administration des terres pétrolières et gazifères du Canada. Aujourd'hui, de ces trois programmes, le PIPGN a été temporairement suspendu, le GRDE fonctionne avec un budget extrêmement restreint et le financement du FEE est minime.

L'aide gouvernementale suit un mouvement parallèle à celui du secteur privé et par conséquent accentue plutôt que d'alléger le cycle de fluctuation de l'investissement privé. Il en résulte une absence de recherche à long terme, une pénurie de preuves scientifiques suffisantes pour gérer le développement économique et une moindre capacité d'étudier et de mettre en oeuvre les lignes directrices concernant l'environnement. Par exemple, le gouvernement a cessé de financer l'étude des problèmes liés aux pipelines de gaz dans l'Arctique lorsque les prix du gaz ont chuté et que l'intérêt de l'industrie a diminué. Peut-être le regain d'intérêt récent va-t-il donner un nouvel élan au financement, mais la recherche nécessaire ne peut être faite assez rapidement pour suivre le rythme du développement économique. Le sous-financement actuel de la recherche va à l'encontre des besoins scientifiques et de l'objectif de développement durable de l'Arctique. Par conséquent :

7. **Le ministère des Finances devrait rétablir le financement du PIPGN et du GRDE de façon à assurer le maintien de la R-D des technologies des climats froids, quelle que soit la conjoncture à court terme des marchés.**

Assurer la qualité des produits

Compte tenu du froid qui règne en permanence dans l'Arctique et du coût élevé du transport, la fiabilité et la durabilité sont des critères particulièrement importants dans le choix des biens et des matériaux qui seront utilisés dans les régions polaires. Les réchauds de camping au naphte et les motoneiges sont deux produits canadiens qui ont été supplantés par des produits importés parce qu'ils ne semblaient pas adaptés aux conditions extrêmes de température.

Le Canada pourra pénétrer les marchés étrangers des technologies des climats froids dans la mesure où il saura fournir des articles uniques, plus économiques ou de la meilleure qualité disponible. Le projet de mise sur pied d'un centre de développement de la technologie doté d'installations d'essai de résistance au froid, proposé par le Science Institute et le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, constitue un premier pas important. Mais pour permettre aux consommateurs de faire des choix informés, pour encourager la concurrence sur les marchés et pour promouvoir l'exportation des technologies des climats froids, le Canada doit mettre en place un mécanisme pour que les consommateurs puissent reconnaître rapidement les produits qui satisfont aux critères de performance dans le froid. À cette fin :

8. **L'Office des normes générales du Canada devrait instituer un programme d'étiquetage pour les biens et les matériaux pouvant être utilisés à des températures extrêmes.**

Améliorer la recherche et la formation en technologie

Plusieurs programmes gouvernementaux encouragent la recherche dans le domaine des climats froids et permettent aux gens du Nord d'acquérir une expérience pratique en sciences et en technologies. Toutefois, le peu de cours et de programmes en génie des climats froids offerts dans les universités canadiennes, tout comme le manque apparent de contenu nordique des programmes de génie, sont causes d'inquiétude : la difficulté de recruter du personnel formé qu'éprouvent les compagnies et le nombre et l'ampleur des échecs de conception et de construction de projets dans le Nord en témoignent. Pour régler ce problème :

9. **Le Comité national des doyens de génie et de sciences appliquées devrait revoir les cours et les programmes actuels dans le but d'en augmenter le contenu nordique.**

Les entreprises canadiennes réussiront à garder leur place sur les marchés nationaux et à percer sur les marchés d'outre-mer dans la mesure où elles bénéficieront du personnel technique et professionnel ayant l'expérience des climats froids. Ce n'est pas tant le manque de fonds que le manque de personnel intéressé à la question qui explique le petit nombre de cours en génie du Nord offerts dans les universités canadiennes. Pour sensibiliser la population à l'importance des technologies des climats froids et pour assurer le développement à long terme de ces technologies au Canada :

10. **Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, en association avec des parrains de l'industrie et du gouvernement, devrait créer cinq chaires universitaires en génie des climats froids.**

Devraient être nommés à ces nouveaux postes non seulement des universitaires chevronnés mais aussi des personnes jeunes et moins expérimentées (peut-être au niveau de professeur agrégé). Ces postes encourageraient les universitaires à poursuivre une carrière en génie du Nord, intéresseraient les étudiants des 2e et 3e cycles aux sujets nordiques et favoriseraient la création de cours de 1er cycle en génie du Nord.

Notes

1. S. Sanderson, « Where the Excellence Is », *Across the Board*, 24 (9), 25-31 (1987).
2. M. Zaslow, *The Northward Expansion of Canada* 1914-1967 (Toronto, McClelland and Stewart, 1988), 369-370.
3. Énergie, Mines et Ressources Canada, *Étude du plateau continental polaire* (communiqué et précis d'information, Ottawa, 8 avril 1988).
4. Statistique Canada, *Le pays : âge, sexe et état matrimonial*, Recensement du Canada 1986, Nº 93-101 (Ottawa, 1987).
5. Statistique Canada, *Comptes nationaux des revenus et des dépenses : les estimations annuelles*, 1976-1987, Nº 13-201 (Ottawa, 1988).
6. Statistique Canada, *Comptes économiques provinciaux*, estimations annuelles 1976-1987, Nº 13-213 (Ottawa, 1989).
7. « James, projet de la baie », *L'encyclopédie du Canada*, tome 2 (Montréal, Les éditions internationales A. Stanké, 1987), 1013.
8. D. Burns, « The West's Last Megaproject », *Western Report*, 1er mai 1989, 14-17.
9. N. Fried, « A 20 Billion Economy — Alaska's Gross State Product », *Alaska Economic Trends*, octobre 1988, 10.
10. Estimation établie par le Department of Economic Development and Trade de l'Alberta (Larry Lang, communication personnelle), mai 1989.
11. Ibid.
12. *The North and Canada's International Relations*, rapport d'un groupe de travail de la Direction de la capitale nationale de l'Institut canadien des Affaires internationales (Ottawa, Comité canadien des ressources arctiques, mars 1988), 4.
13. Cette spécialité du génie s'intéresse à la présence d'icebergs, à la couverture de glace sur l'océan et aux basses températures de l'eau.
14. Ces problèmes de définition ne sont pas uniques aux entreprises produisant des technologies destinées aux climats froids. Plusieurs autres secteurs technologiques émergents possédant des caractéristiques semblables ne peuvent être classés facilement dans des groupes industriels traditionnels. Les entreprises oeuvrant dans les domaines de la biotechnologie, de l'espace et de l'environnement, par exemple, qui sont définies en fonction d'une technologie commune plutôt qu'en fonction de leur gamme de produits, représentent de nouveaux secteurs de l'économie.
15. Alberta, Department of Economic Development and Trade, International Trade Branch, *Alberta's Cold Weather Technology Industry* (Edmonton, 1989).
16. Ce chiffre est basé sur une évaluation inédite effectuée pour Industrie, Sciences et Technologie et dans laquelle sont recensées les sociétés, les associations, les organisations et les personnes intéressées par les techniques nordiques.
17. J.C. Day, *Canadian Interbasin Diversions*, Documents de recherche 6, Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux, Environnement Canada (Ottawa, 1985).
18. E.F. Roots, « The Arctic Region », dans *To Know this Planet* (Société royale du Canada), à paraître.
19. E. Solem, « Should Canada Have a Long Term Strategy for the Arctic? », dans *L'Arctique : Espace stratégique vital pour les grandes puissances* (Québec, Université Laval, 1986).
20. *The North and Canada's International Relations*, 39.
21. Gouvernement du Yukon, Executive Council Office, Bureau of Statistics, *Yukon Statistical Review: Third Quarter*, 1988 (Whitehorse, 1989); Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Bureau of Statistics, *Statistics Quarterly*, 10 (2), 1988.
22. Données recueillies au cours d'enquêtes.
23. Environnement Canada et gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, *Cold Climate Utilities Manual* (Montréal, Société canadienne de génie civil, 1986).
24. *The North File: Northern and Remote Technology in Housing*, document de travail compilé et édité par le Groupe NORTH (Ottawa, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1988).
25. Conseil national de recherches du Canada, *Procès-verbal de la 289e réunion du Conseil (Ottawa, 1983), Annexe J.*
26. La *List of Northern Specialists at Canadian Universities* (3e édition, Ottawa, 1989), de l'Association des universités canadiennes pour les études sur le Nord, repère 217 spécialistes de 15 universités intéressés à un aspect ou l'autre du génie du Nord.
27. *Le Canada et la science polaire*, rapport d'un groupe de travail sur les sciences polaires, ministère des Affaires indiennes et du Nord (Ottawa, 1987), 15.
28. Données inédites du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Division de la recherche sur l'énergie (Ottawa, 1989).
29. P.J. Williams, *Pipelines and Permafrost: Science in a Cold Climate* (Ottawa, Carleton University Press, 1986), 99.
30. *Le Canada et la science polaire*, 11.
31. *Le Canada et la science polaire*, 22.
32. Cette initiative constituait l'une des principales recommandations de *Le Bouclier d'Achilles : Le rapport de l'étude de la Commission sur la recherche polaire canadienne* (Ottawa, Ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1988).
33. Affaires extérieures Canada, Bureau des programmes de défense, *Canadian Cold Weather Clothing and Equipment Guide* (Ottawa, sans date).

Notes des encadrés

Les deux pôles

1. J.B. Maxwell et L.A. Barrie, «Atmospheric and Climatic Change in the Arctic and Antarctic», *Ambio* 18 (1), 42-49 (1989).
2. Ibid.
3. Ibid.
4. C. Holden, «Environment, Culture and Change in the Arctic», *Science* 243 (17), 883 (février 1989).
5. P.J. Beck, «Entering the Age of the Polar Regions: The Arctic and Antarctic are No Longer Poles Apart», *Ambio* 18 (1), 92-94 (1989).
6. E.C. Young, «Ecology and Conservation of the Polar Regions», *Ambio* 18 (1), 23-33 (1989).
7. J. May, *The Greenpeace Book of Antarctica* (London, Dorling Kindersley, 1988).
8. Communication personnelle, D.R. Gray, Musée national des sciences naturelles, Ottawa, octobre 1989.
9. Ibid.

Le coût de l'ignorance

1. Communication personnelle, A. Staudzs, Hydro Manitoba, Winnipeg, juillet 1989.
2. Communication personnelle, J. Ferguson, Ferguson, Simek, Clark, Yellowknife, août 1989.
3. Ibid.
4. Ibid.
5. Ibid.

Le coût du froid et de l'isolement

1. Statistique Canada, *Factures d'électricité de services domestique, commercial et à la petite industrie*, nº 57-203 (Ottawa, 1988).
2. Statistique Canada, données inédites de 1989 (A. Dufresne, communication personnelle, octobre 1989).
3. Agriculture Canada, *Rapport sur les prix de détail des aliments*, nº 4 (Ottawa, le 19 mai 1989).
4. Statistique Canada, *Statistiques financières de l'éducation*, nº 81-208 (Ottawa, 1989).
5. Communication personnelle, Serge Tessier, Les Entreprises S.F.T. Canada Inc., Rosemère, Québec, mars 1989.

Comité des sciences et des technologies polaires

Président
Gerald S.H. Lock

Membres
Robert O. Fournier
Norman B. Keevil
Geraldine A. Kenney-Wallace
(membre d'office)
Ian G. MacQuarrie

Membre et agent de projet
William Smith

Membres du Conseil des sciences du Canada

(en septembre 1989)

Présidente
Geraldine A. Kenney-Wallace, LRIC, MSc, PhD, ARIC, FRSC

Membres
John M. Anderson, PhD
Vice-President, Operations
Atlantic Salmon Federation
St. Andrews, Nouveau-Brunswick

Norman L. Arrison, BSc, MSc, PhD, PEng
Arrison Consultants
Red Deer, Alberta

Morrel P. Bachynski, BEng, MSc, PhD, FAPS, FCASI, FRSC, FIEEE
President
MPB Technologies Inc.
Dorval, Québec

Richard Bolton, PhD
Directeur général
Centre canadien de fusion magnétique
Institut de recherche d'Hydro-Québec
Varennes, Québec

Douglas Bennell Craig, BASc, PhD
Teacher and Instructor
F.H. Collins Secondary School and Yukon College
Whitehorse, Yukon

Simon J.S.W. Curry, BA, MA, PhD
Manager
VHDL and High-Level Capture
Bell-Northern Research
Ottawa, Ontario

James Cutt, MA, PhD
Professor
School of Public Administration
University of Victoria
Victoria, Colombie-Britannique

Richard M. Dillon, BSc, LLD
Principal
Alafin Consultants Limited
Toronto, Ontario

Gerald B. Dyer, BSc
Director — Research
Du Pont Canada Inc.
Kingston, Ontario

Robert O. Fournier, BSc, MSc, PhD
Associate Vice-President (Research)
Dalhousie University
Halifax, Nouvelle-Écosse

J. Barry French, BASc, MSc, PhD, FRSC, FRSA, FCASI
Professor
Institute for Aerospace Studies
University of Toronto
Downsview, Ontario

Merritt A. Gibson, BSc, MSc, PhD
Professor and Head of the Department
Department of Biology
Acadia University
Wolfville, Nouvelle-Écosse

J.C. (Clay) Gilson, BSA, MSc, PhD, FAIC, LLD
Professor
Department of Agricultural Economics
University of Manitoba
Winnipeg, Manitoba

Gordon Gow, PhD (hon)
President and Chief Executive Officer
Ontario International Corporation
Toronto, Ontario

Robert G. Guidoin, PhD
Professeur titulaire
Laboratoire de chirurgie expérimentale
Pavillon de services
Université Laval
Québec, Québec

Norman B. Keevil, OC, PhD
Chairman of the Board
Teck Corporation
Vancouver, Colombie-Britannique

Bernard M. Leduc, MD, DPhil
Chef de la direction scientifique et directeur régional
Wyeth-Ayerst Research — Canada
Saint-Laurent, Québec

Gerald S.H. Lock, BSc, PhD, FEIC, FCSME
Professor
Department of Mechanical Engineering
University of Alberta
Edmonton, Alberta

Ian G. MacQuarrie, BSc, MSc, PhD
Professor
Department of Biology
University of Prince Edward Island
Charlottetown, Île-du-Prince-Édouard

Frank G. Marsh, BSc, BEd, MEd, PhD
President
Eastern Community College
Burin, Terre-Neuve

Karim Wade Nasser, PhD, PEng
Professor
Department of Civil Engineering
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan

John Roth, MEng
Executive Vice-President
Product Line Management
Northern Telecom Limited
Mississauga, Ontario

Charles R. Scriver, MD, FRSC
Professor of Pediatrics, Genetics and Biology
McGill University
Director
deBelle Laboratory for Biochemical Genetics
The McGill University-Montreal Children's Hospital Research Institute
Montréal, Québec

Jennifer M. Sturgess, BSc, PhD
Director
Medical and Scientific Affairs
Parke-Davis, Warner-Lambert Canada Inc.
Scarborough, Ontario

Andrew Szonyi, MBA, MASc, PhD, PEng
Chairman
Zarex Management
Toronto, Ontario

John Malcolm Webster, BSc, PhD, ARCS, DIC
Professor
Department of Biological Sciences
Simon Fraser University
Burnaby, Colombie-Britannique

Hugh Robert Wynne-Edwards, BSc, MA, PhD, DSc, FRSC
Chief Executive Officer
Moli Energy Limited
Vancouver, Colombie-Britannique